



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Annika Vanamb

**MULLA ORGAANILISE SÜSINIKU STABIILSUS
RANNANIITUDE MAJANDAMISE TINGIMUSTES**

**STABILITY OF SOIL ORGANIC CARBON IN DIFFERENT
MANAGEMENT CONDITIONS OF COASTAL MEADOWS**

Magistritöö
Maastikukaitse ja -hoolduse õppekava

Juhendajad: Ülle Püttsepp, *PhD*
Karin Kauer, *PhD*

Tartu 2017

Lühikokkuvõte

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Annika Vanamb		Õppekava: Maastikukaitse ja -hooldus	
Pealkiri: Mulla orgaanilise süsiniku stabiilsus rannaniitude majandamise tingimustes			
Lehekülgi: 75	Jooniseid: 12	Tabeleid: 9	Lisasid: 5
Osakond: Maastikukorralduse ja loodushoiu osakond Uurimisvaldkond: B410 Mullateadus, põllumajanduslik hüdroloogia Juhendajad: Ülle Püttsepp, Karin Kauer Kaitsmiskoht ja –aasta: Tartu 2017			
<p>Üha suurenev kasvuhoonegaaside, sealhulgas süsinikdioksiidi kontsentratsioon atmosfääris mõjutab oluliselt Maa kliimat – kaasnevad globaalse keskmise temperatuuri tõus, sademete koguste suurenemine põhjapoolkeral ja langus lähistroopilistes piirkondades. Maismaa mullas talletub väga suur süsinikuvaru, millel on globaalsel tasandil oluline kliimamuutusi mõjutav roll. Muldade võimet olla süsiniku sidujaks või CO₂ allikaks mõjutavad keskkonnatingimused ja inimtegevus. Rannaniidud, kui üks tüüp märgalasid, on suured süsiniku salvestajad. Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli selgitada majandamise kestuse (karjatamise ja niitmise) mõju orgaanilise aine hulga ja omadustele ning selles sisalduva süsiniku stabiilsusele poollooduslike rannaniitude muldades. Lääne-Eesti kümneelt rannaniidult kogutud mullaproove analüüsiti keemiliste ja füüsikaliste meetoditega. Et hinnata orgaanilise aine ja süsiniku hulki kiirema ja aeglasema käibega vormides, eraldati vaba kerge (vähemlagunenud) orgaaniline aine mullast tiheduse alusel. Kerged fraktsioonid koguti kokku 1.6 g/cm³ tihedusega vedeliku pinnalt, raskem, mulla mineraalosaga seotud orgaanika sadenes. Seda meetodit nimetati töös tihedusfraktsioneerimiseks (<i>density fractionation</i>). Kerge, mullaagregaatidesse sulustunud orgaanilise aine fraktsioon eraldati samuti tiheduse alusel, lõhustades eelnevalt agregaadid ultraheli abil.</p> <p>Orgaanilist ainet oli oluliselt rohkem hiljuti taastatud rannaniitude muldades, kerges vabas ja agregaatidesse sulustunud fraktsioonides, võrreldes kestvalt majandatud rannaniitudega. Kauem majandatud aladel oli oluliselt suurem süsiniku sisaldus raskes (mineraalidega seotud) fraktsioonis. Tulemuste põhjal võib järeldada, et kestev majandamine on soodustanud mulla orgaanilise süsiniku stabiliseerumist. Rannaniitude traditsioonilist, kestvat ja mõõdukat majandamist võib seega mullasüsiniku hoidmise aspektist pidada kliimamuutuste kontekstis positiivseks.</p>			
Märksõnad: mulla orgaaniline aine, süsinik, kerge ja raske fraktsioon, tihedusfraktsioneerimine, pool-looduslikud rannaniidud			

Abstract

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Annika Vanamb		Speciality: Landscape Protection and Preservation	
Title: Stability of soil organic carbon in management conditions of coastal meadows			
Pages: 75	Figures: 12	Tables: 9	Appendixes: 5
Department: Landscape Management and Nature Conservation Field of research: B410 Soil science, agricultural hydrology Supervisors: Ülle Püttsepp, Karin Kauer Place and date: Tartu 2017			
<p>Increasing concentrations of greenhouse gases including carbon dioxide, in the atmosphere, affects significantly the Earth's climate - an increasing of global average temperature, increasing precipitation in the Northern Hemisphere and decreasing precipitation in the subtropical regions had been evidenced. Large carbon stocks are stored in terrestrial soils, having an important role on influencing climate at the global level. Soils have an ability to be either carbon sink or source of atmospheric CO₂, a status influenced by environmental conditions and human activities. Coastal meadows, a type of wetlands, are major carbon sequesters.</p> <p>The aim of this thesis was to explain the effect of continuation of management (grazing and mowing) on the amount and characteristics of organic matter and the stability of carbon in the semi-natural coastal soils. Soil samples were collected in ten West-Estonian coastal meadows analyzed by chemical and physical methods. In order to evaluate the amounts of organic matter and carbon in form of faster and slower turnover or light and heavy fractions, the method of density fractionation was applied. Free light (less degraded) organic matter and light occluded in soil aggregates were separated from bulk soil by density. For cleaving aggregates ultrasound energy was applied. The light fractions were collected from the surface of Na-polytungstate solution (1,6 g/cm³), the mineral-associated heavier organic material precipitated.</p> <p>There was more organic matter in free light and occluded light fractions in recently restored soil of coastal meadows compared to continuously managed coastal meadows. In managed sites there was significantly more carbon in heavy fraction (associated with minerals). Results suggested that permanent moderate traditional management promoted the stabilization of soil organic carbon, which can be positive news for the global climate.</p>			
Keywords: soil organic matter, carbon, light and heavy fractions, density fractionation, semi-natural coastal meadows			

Sisukord

Lühikokkuvõte	2
Abstract	3
Sisukord	4
Lühendid	6
Sissejuhatus	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	9
1.1. Muldade orgaanilise süsiniku varude tähtsus ja kliimamuutused	9
1.2. Märjalade tähtsus süsinikuringes	14
1.3. Rannaniidud	15
1.3.1. Rannaniidud kui väärtuslikud elupaigad	16
1.4. Mulla süsiniku stabiilsus ja selle uurimise meetodid	17
1.4.1. Füüsikaline fraktsioneerimise meetod	18
1.4.2. Mulla orgaaniline aine ja agregaadid	19
2. MATERJAL JA METOODIKA	21
2.1. Proovialade valik ja iseloomustus	21
2.2. Proovide kogumine	25
2.3. Mullaproovide ettevalmistus analüüsideks	26
2.4. Mullaproovide keemilised ja füüsikalised analüüsid	26
2.4.1. pH mõõtmine	26
2.4.2. Orgaanilise aine sisalduse määramine	26
2.4.3. Üldsüsiniku ja -lämmastiku sisalduste mõõtmised	27
2.4.4. Proovide valik fraktsioneerimiseks orgaanilise aine sisalduse alusel	27
2.4.5. Mulla orgaanilise aine eraldamine (fraktsioneerimine) tiheduse alusel	28
2.4.6. Mulla mehaanilise koostise määramine	30
2.4.7. Arvutused ja andmetöötlus	31
3. TULEMUSED JA ARUTELU	33
3.1. Rannaniitude muldade keemilised ja füüsikalised omadused	33

3.1.1.	Majandamise kestuse ja proovialade mõju	33
3.1.2.	pH ja mulla orgaanilise aine seos	35
3.1.3.	Mulla mehaaniline koostis.....	36
3.2.	Orgaanilise aine fraktsioonide ja süsiniku jaotus rannaniitude muldades	38
3.2.1.	Sonikeerimisenergiate leidmine eelkatsete tulemusena	38
3.2.2.	Orgaanilise aine fraktsioonide ja süsiniku jaotus proovialade mullas ja majandamise mõju.....	40
	Kokkuvõte	47
	Summary.....	48
	Kasutatud kirjandus	49
	LISAD	55
	Lisa 1. Lääne-Eesti rannaniitude mullaproovide andmed	56
	Lisa 2. Fraktsioneerimistabel kõikide kaalutud mullaproovide, rakendatud sonikeerimisenergiate, fraktsiooniproovide kaalutiste ja esialgsete arvutustega	61
	Lisa 3. Sobiva sonikeerimisenergia leidmine	69
	Lisa 4. Pildid mullaproovide kaevetest	71
	Lisa 4.1. Salmi rannaniidu sügavkaeve, Matsalu	71
	Lisa 4.2. Tahu rannaniidu sügavkaeve, Silma	72
	Lisa 4.3. Salmi rannaniidu labidaproov	73
	Lisa 4.4. Salmi majandatud rannaniit	74
	Lisa 5. Lihtlitsents	75

Lühendid

FAO (Food and Agriculture Organization) – ÜRO Toidu ja Põllumajanduse Organisatsioon

LOI (loss on ignition) – orgaanilise aine sisaldus ehk kuumutuskadu

LULCC (land use and land cover change) – maakasutus ja maakatte muutus

Pg C (petagram carbon) – petagrammi süsiniku kohta

ppb (parts per billion) – osa miljardist

ppm (parts per million) – osa miljonist

SOC (soil organic carbon) – mulla orgaaniline süsinik

SOM (soil organic matter) – mulla orgaaniline aine

SSOC (stable soil organic carbon) – stabiilne mulla orgaaniline süsinik

WISE (World Inventory of Soil Emission Potentials) – Mulla Emisiooni Potentsiaali Maailma Inventuur

Sissejuhatus

Maaailmas on kliimamuutused praegu aktuaalne teema, see kajastub nii teadusartiklites, uudistes kui ka diskussioonides. Suurt tähelepanu pööratakse kasvuhooneefektile ja ennekõike CO₂ kontsentratsiooni tõusule atmosfääris. Maismaa mullas on tohutu süsinikuvaru, mida muld on võimele salvestama ja talletama. Rannaniidud on olulised nii süsiniku sidujatena mulda kui ka soodsad pesitsus-, toitumis- ja rändepeatuspaidad. Rannaniidu mullad on väheviljakad ja ülejutuste tõttu anaeroobsetes tingimustes. Mulla orgaaniline aine koosneb erinevas lagunemisastmes olevast materjalist, mis on suure süsiniku sisaldusega. Agregaatidesse on sulustunud orgaaniline aine ja stabiilne süsinik. Spetsiifiliselt rannaniitude majandamise mõjust orgaanilise aine ja selles sisalduva süsiniku kohta on väga vahe informatsiooni. Selles magistritöös annab autor ülevaate rannaniitude võimest siduda ja varuda mulla orgaanilist ainet ja süsinikku.

Kirjanduse ülevaate peatükis antakse põgus ülevaate mulla orgaanilise süsiniku varude tähtsusest ja nende olulisusest kliimamuutuste reguleerimisel, märgalade tähtsusest süsinikuringes, rannaniitudest ja nende olulisusest, mullasüsiniku võimalikest uurimismeetoditest, täpsemalt füüsikalise fraktsioneerimisest. Metoodika peatükis kirjeldatakse Lääne-Eesti rannaniitude proovialasid, mullaproovide kogumise metoodikat, tutvustatakse töös kasutatud keemiliste ja füüsikaliste analüüsimeetodeid ja tihedusel põhinevat orgaanilise aine fraktsioneerimist. Viimases peatükis esitatakse töös läbiviidud analüüsimeetodite tulemused koos arutelu ja järeldustega.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli selgitada majandamise (karjatamise ja niitmise) mõju orgaanilise aine hulga ja omadustele ning selles sisalduva süsiniku stabiilsusele poollooduslike rannaniitude muldades.

Lääne-Eesti kestvalt majandatud ja hiljuti taastatud rannaniitude valimi põhjal seati järgmised uurimisülesanded:

- võrrelda mulla huumushorisoni ja huumusorisoni lähtekivimiks ülemineku horisoni (AC) orgaanilise aine kogust ja omadusi erinevates majandamise tingimustes;
- hinnata orgaanilise aine kerge, kiirema käibega ja raske, aeglasema käibega fraktsioonide jaotust ja omadusi AC horisoni osas;
- hinnata majandamise kestuse mõju mulla orgaanilise süsiniku stabiilsusele;

- hinnata traditsiooniliste majandamisviiside mõju poollooduslike rannaniitude muldadele keskkonnasäästlikkuse kontekstis.

Uurimisülesanded lahendati kümnet poollooduslikult rannaniidult kogutud mullaproovide põhjal kasutades füüsikalisi ja keemilisi meetodeid.

Sooviksin tänada oma juhendajaid Ület ja Karinit, kes olid terve lõputöö protsessi jooksul suureks toeks ja abiks selle valmimise! Tänaksin ka Milvi Purgast, kes oli abiks laboris, aidates mind tekkinud küsimuste või probleemidega.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Muldade orgaanilise süsiniku varude tähtsus ja kliimamuutused

Mulla süsiniku varu globaalsel tasandil on oluline kliimamuutuste mõjutaja ning kohalikul tasandil oluline mullaviljakuse indikaator. Orgaanilise süsiniku (OC – *organic carbon*) hulka mõjutavad keskkonnatingimused (niiskus, sademed, taimkattetüüp) ja inimtegevus. See teadmine on väga tähtis kliimamuutuste leevendamisel, sest mullad võivad olla nii süsiniku sidujaks kui süsinikdioksiidi (CO₂) allikaks. Mulla orgaaniline aine hõlmab taimede, loomade ja mikroorganismide jääke kõigis lagunemisetappides ning paljud orgaanilised ühendid on tihedalt seotud anorgaaniliste mullaosakestega. Mulla orgaaniline aine sisaldab umbes 58 % süsinikku (Lupi *et al.* 2013; Osman 2013). Orgaanilise süsiniku sisaldus mullas mõjutab paljusid mulla omadusi: värvus, toitainete mahutavus, toitainete ringlus ja stabiilsus, mis omakorda mõjutavad veevahetust, õhustatust ja selle kasutamist (Post & Kwon 2000; Wang *et al.* 2014). Üha suurenevad teadmised mulla orgaanilise aine võimest hoida mullas kinni süsinikku, on aidanud teadlastele ennustada ja modelleerida mulla orgaanilise süsiniku dünaamikat erinevates stsenaariumites, sh muutuv kliima, maakasutus ja selle haldamise perspektiivis.

Osa maailma muldade orgaanilise süsiniku varust on labiilses olekus ja osa stabiilses olekus. Labiilses olekus on süsinik seotud kergesti laguneva orgaanilise ainega, mistõttu on mikroobide poolt kergesti lagundatav. Orgaanilise aine lagunemisprotsessi üheks lõpp-produktiks on CO₂, mis emiteerub atmosfääri. Stabiilses olekus on süsinik inertne ja ning võib püsida mullas aastatuhandeid. Umbes 2/3 globaalsest mulla süsinikust hoitakse mulla orgaanilise süsinikuna ja ülejäänud anorgaanilise süsinikuna. (Bhattacharya *et al.* 2015; Lal 2010; Scharlemann *et al.* 2014).

Nüüdseks on mõistetud, et mulla orgaanilise aine stabiilsus on tihedalt seotud erinevate keskkonnateguritega (Doetterl *et al.* 2014). Mulla orgaanilise süsiniku varusid säilitades ja

parandades võib see mõjutada teisi ökosüsteemiteenuseid kasulikult ja/või kahjulikult. Näiteks kasulikuks peetakse suurenenud vee- ja toitainete hoiustamist ja suurenenud vastupanu erosioonile. Kahjulikuks peetakse hapestumise riski ning metaani (CH₄) ja diämmastikoksiidi (N₂O) emissiooni anaeroobsete tingimuste tõttu (Scharlemann *et al.* 2014).

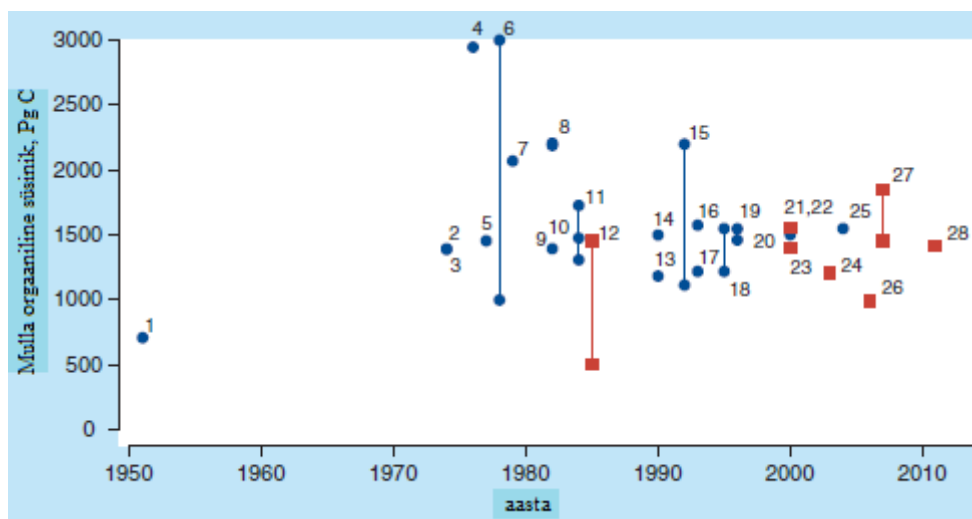
Tööstusrevolutsiooni algusest alates on kasvanud CO₂ hulk atmosfääris (280 ppm (1750) – 407,05 ppm (märts 2017)) (CO₂-Earth 2017) - veebilehe CO₂-Earth värskemad andmed tuginevad institutsionaalsetele teadusallikatele (*Climate Interactive, Global Carbon Project, NOAA-ESRL, Scripps Institution of Oceanography*). CO₂ hulga suurenemine atmosfääris on kaasa toonud Maa keskmise temperatuuri tõusu 0,8 °C viimase sajandi jooksul (NASA GISS 2010). Vaadates praeguseid prognoose, on atmosfääris CO₂ kontsentratsiooni tõus jätkumas (aastaks 2100 kuni 500-1000 ppm) ning samaks perioodiks ennustatakse ka teiste kasvuhoonegaaside CH₄ (700->1745 ppb) ja N₂O (270->314 ppb) kontsentratsiooni tõusu atmosfääris. Praegune aastane atmosfäärse süsiniku kasv on 4 Pg/aastas, mistõttu ennustatakse, et globaalne keskmine temperatuur tõuseb üle kriitilise määra 0,1°C sajandis, ületades Maa süsteemi muutustega kohanemise võime. Paralleelselt muutub ka sademete hulk, mis tõuseb kiirusega 0,5-1 % aastakümne kohta põhjapoolkeral ja väheneb kiirusega 0,3 % aastakümne kohta lähistroopilises piirkonnas (Bhattacharya *et al.* 2015, Lal 2010).

CO₂ peamised allikad on looduslikud (C ringe, vulkaanipurse) ja antropogeensed (põletamine). Kõige rohkem inimtekkelist CO₂ emisiooni tekib fossiilsete kütuste kasutamisel. Ollakse üksmeelel, et fossiilsete kütuste põletamise järel teine suurim inimtekkeline atmosfäärse süsiniku allikas on maakasutuse ja maakatte muutuste (LULCC – *land use and land cover change*) tagajärjel tekkinud emissioonid. LULCC süsiniku emissioonid tulenevad kolmest faktorist: süsiniku kogus fütomassis ja mullas (varud); süsiniku varude ruumiline jaotus; maakorralduse mõjust fütomassile ja mulla süsiniku varudele. Muutused maakasutuses on mõjutanud kolme peamise kasvuhoonegaasi globaalset tasakaalu – CO₂, CH₄ ja N₂O – mille tagajärjeks on suurim CO₂ emisioon muldadest (Renou-Wilson *et al.* 2016; Scharlemann *et al.* 2014).

Kuigi paljud vood ja varud süsinikuringes on suhteliselt hästi mõõdetavad ja arusaadavad, siis rohket arutelu tekitab teadmatus kui palju süsinikku täpselt on maismaaökosüsteemi salvestunud ja sellest eraldub (Bhattacharya *et al.* 2015; Lal 2010; Renou-Wilson *et al.* 2016). Seetõttu on hakatud pöörama suuremat tähelepanu Maa süsiniku varude ja voogude hindamisele (Scharlemann *et al.* 2014).

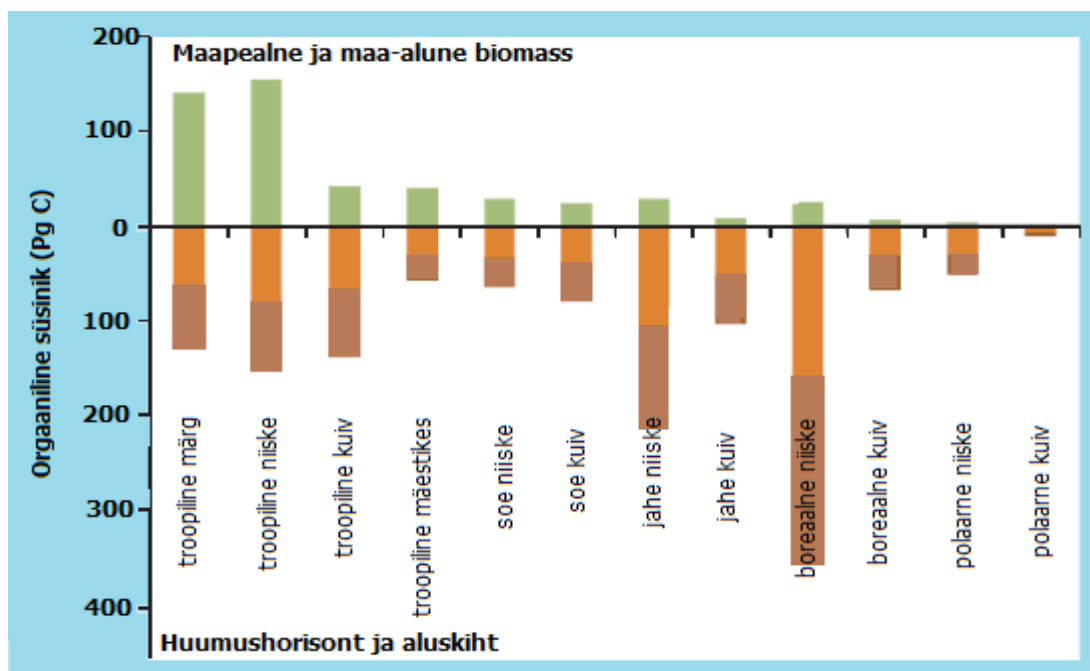
Maismaa mulla orgaanilise süsiniku varu on umbes neli korda suurem kui biomassis ja kolm korda suurem kui atmosfääris. Euroopa mulla süsinikuvarud on hinnanguliselt 75 Gt, millest 20% asub Euroopa põhjaosa orgaanilise aine rikastes muldades. Esimest korda, kui hinnati globaalse SOC varu, siis saadi selleks 710 Pg C (1951 a.) (joonis 1), mis leiti tuginedes üheksale erinevale mullale (Rubey 1951). Batjes, kes kasutas tuhandeid WISE'i (*World Inventory of Soil Emission Potentials*) mullaprofiile, sai globaalse mulla süsinikuvarude hinnanguks 1462-1548 Pg C 1 m mullakihi (Scharlemann *et al.* 2014). Hilisemad uuringud teinud Bohn kasutas 187 mullaprofiili (sügavus 1 m) andmeid, mis andsid tulemuseks 2207 Pg C (Renou-Wilson *et al.* 2016; Scharlemann *et al.* 2014). Täpsema kalkulatsiooni andis Bohn oma artiklis, kus ta hindas ülemaailmse SOC varuks 2946 ± 500 Pg C, mis põhines FAO (*Food and Agriculture Organization*) mullakaartide põhjal (Bohn 1976). Enamik uuringuid esitavad mulla orgaanilise süsiniku globaalse hinnangu ~ 1500 Pg C 1 m mullakihi (10^{15} g või miljardit t C), kuid hinnangud varieeruvad vahemikuks 504-3000 Pg C (mediaan 1460,5 Pg C) (Bhattacharya *et al.* 2015; Scharlemann *et al.* 2014).

Sellised suured hinnangute erinevused tulenevad proovivõtmise ajast, intensiivsusest, mullaprofiilide andmete ruumilisest lahendusest, erinevatest arvutuslikest lähenemisviisidest, anorgaanilise süsiniku (karbonaatide) olemasolust proovides, erinevate tasemete kivisisaldusest või maakasutuse faktorist (põllumaa, mets, niit vm) (Scharlemann *et al.* 2014).

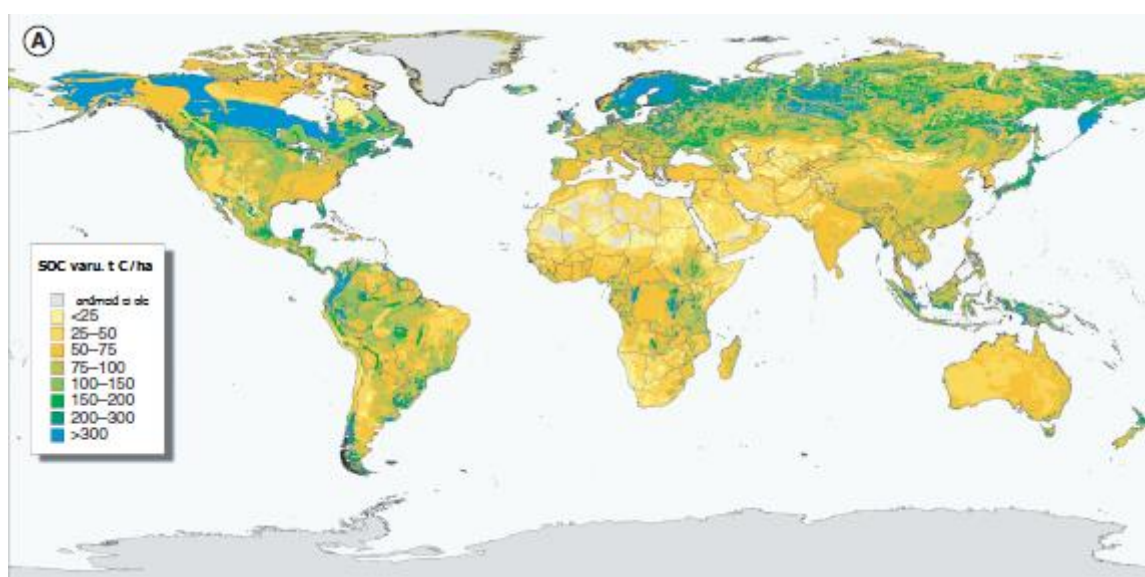


Joonis 1. Läbi aegade kirjanduses mainitud globaalse mulla orgaanilise süsiniku varu erinevad hinnangud (Scharlemann *et al.* 2014)

Orgaanilise süsiniku ruumiline jaotus mullas erineb, vastavalt sellele, kas süsinik on salvestatud maapealses (nt. metsad) või maa-aluses biomassis (joonis 2). Mõlema biomassi süsinikuvard ja nende panus kogu mulla süsinikuvarusse erineb vastavalt laiuskraadile ja kliima regioonidele. Enamik mulla orgaanilisest süsinikust ladestub põhjalaiuskraadidel (joonis 3), eeskätt põhja igikeltse piirkondades, mis on üks kõige haavatavamad regioonid kliimamuutustele, kus temperatuuri tõusuga hakkab igikeltse jäätunud orgaaniline aine lagunema ja kasvuhoonegaase emiteerima (Scharlemann *et al.* 2014).

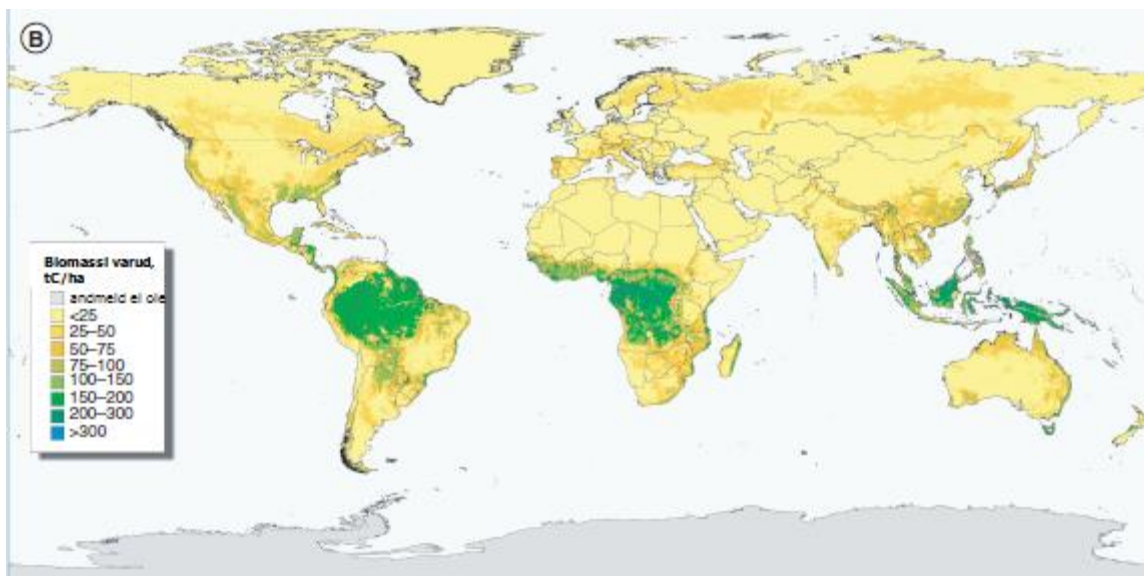


Joonis 2. Orgaanilise süsiniku varud vastavalt kliimaatilistele regioonidele maapealses ja maa-aluses biomassis (roheline) ning mulla alus- (pruun) ja pealiskihis (oranž) (Scharlemann *et al.* 2014)



Joonis 3. Globaalse mulla orgaanilise süsiniku varud tC/ha (Scharlemann *et al.* 2014)

Seevastu suurima koguse süsinikku biomassist (joonis 4) võib leida ekvaatori lähedalt märgadest ja niisketest troopilistest metsadest. Kuid need andmed ei ole täpsed. Esiteks SOC kaardid on ühe kilomeetrise täpsusega kaardistatud ainult Euroopas ja Hiinas ning üldiselt tuginevad andmed 1970ndate FAO mullakaartidele. Välja arvatud Kesk- ja Lõuna-Ameerika, Karibid, Ida-Aafrika, Kesk-Aasia ja Mongoolia, kus andmed on täpselt välja (Scharlemann *et al.* 2014).



Joonis 4. Globaalse biomassi süsinikuvarude jaotumine (Scharlemann *et al.* 2014)

Teiseks mõnel pool maailmas tõenäoliselt alahinnatakse SOC varusid, sest praegused ülemaailmsed SOC hinnangud esitavad tulemusi ainult ühe meetri sügavuseni. See võib olla piisav enamikes mineraalmuldades, sest orgaanilise süsiniku sisaldus väheneb sügavuse kasvades, aga paljud orgaanilise aine rikkad mullad on palju sügavamad ja neil on SOC kontsentratsioon kõrge. Näiteks paljudes turbamaastikes (nii tundras kui troopikas) näitavad andmed, et süsiniku sisaldus kolme meetri sügavuseni on 1672 Pg C ja 11-meetri sügavuseni 89 Pg C (Scharlemann *et al.* 2014).

1.2. Märgalade tähtsus süsinikuringes

Märgala on liigniiske, millel kasvab enamasti lopsakas taimestik. Märgalad on paljudele lindudele soodsad pesitsus-, toitumis- ja rändepeatuspaigad. Ramsari konventsioonis nimetatakse märgaladeks soid ja erinevate funktsioonide, otstarvete ja omadustega veealasid. Eesti märgalade huviorbiidis on peale soode rannikumeri, rannaniidud ja –roostikud, rannikujärved ning luhaniidud (Kuresoo 1998).

Ramsari konventsiooni järgi saab jaotada märgalad kolme erinevasse gruppi (Ramsar 2017):

A. Merelised ja rannikumärgalad

- a) meres kuni 6 m sügavune rannikumeri;
- b) rannikujärved;
- c) rannaniidud ja roostikud.

B. Sisemaised märgalad

- a) sood;
- b) märjad metsad ja niidud;
- c) siseveekogud.

C. Inimese loodud märgalad

- a) poldrid;
- b) veehoidlad;
- c) jt kunstlikud veekogud.

Märgalad on suured süsiniku salvestajad ja aitavad oluliselt kaasa globaalsele süsiniku ringele. Vaatamata sellele, et märgalad hõivavad maailma pindalast ainult 6 %, sisaldavad nad ~12 % globaalsest süsiniku varust ja seetõttu on olulised C allikad või varamud, aga õigesti majandamata võib süsinik saada osaks kasvuhoonegaasides (CO_2 ja CH_4). Märgalade süsiniku sidumisvõimet on olnud raske hinnata, sest orgaanilise aine erinevate ühendite lagunemise kiirus, mikroorganismide arvukus ja setete voog on vägagi kompleksne ja sageli ei ole piisavalt teadusliku informatsiooni. Märgalade globaalse mulla orgaanilise süsiniku hulk on ebamäärane jäädes 202 – 535 Pg C vahele ja maismaa orgaanilist süsiniku salvestatakse märgalade mulda 45-70 % (Ma *et al.* 2016; Mitra *et al.* 2005).

Kõrge mulla süsiniku varu tõttu mängivad märgalaökosüsteemid olulist rolli globaalses soojenemises. Märgalaökosüsteemidel on märkimisväärne potentsiaal siduda C atmosfäärast, kuid samas võivad nad kergesti muutuda atmosfäärse süsiniku allikaks. Üheks põhjuseks on märgalade muldade tundlikkus keskkonna muutustele (k.a veesisalduse muutused, temperatuur, toitainete režiim ja mikroobide aktiivsus), kus isegi väiksem mulla orgaanilise aine lagunemiskiiruse kasv võib põhjustada suuri süsiniku väljavoogusid atmosfääri tagasi. (Mitra *et al.* 2005).

1.3. Rannaniidud

Rannaniidud on rannikul paiknevad ja mere mõjualasse jäävad suhteliselt madalad ja lauged kooslused, mis sajandite pikkuse mõõduka majandamise tingimustes on kujunenud poollooduslikeks. Taimekooslustena on nad primaarsed, tekkinud maatõusul merest kerkinud vabale taimestumata pinnasele. Rannaniidud on kivised ja ebatasased, mistõttu on traditsiooniliselt neid alasid kasutatud eelistatult looduslike karjamaadena kui põllumaadena. Neile on iseloomulik taimkatte võõndilisus (Kose 2002; PKÜ 2017; Rannap *et al.* 2005).

Vastavalt merepinna kõrgusele ülejutuste ajal saab rannaniidu ala jagada kolmeks tasemeks. Esimene on subsaliinne võõnd, mis on alaliselt või pikka aega üle ujutatud. Teine on salinne võõnd, mis on lainetuse või kõrgvee ajal merevee mõjupiirkonnas ning kolmas suprasaliinne võõnd, kuhu mere mõju tavaliselt ei ulatu (PKÜ 2017).

Eestis leidub kõige enam rannaniite Läänemere ümbruses, kuid viimase 60 aasta jooksul on nende poollooduslike koosluste pindala drastiliselt kahanenud. Teise maailmasõja järgsel ajal jäeti üha enam rannaniite kasutusest välja nende vähese viljakuse tõttu ja need hakkasid kulustuma, roostuma ning võsastuma. 1960. aastal oli rannaniite 29 000 ha, 2000. aastal 5100 ha ja toetuste abil 2012. aasta seisuga 9220 ha. 1990. aastate II poolel hakati rannaniite taastama ja laialdaselt kasutama. 2010. aasta PRIA andmete põhjal toetuste põhjal hooldati 5400 ha rannaniite, taastati 400 ha ja hooldati 4000 ha rannaniidukompleksi (Kose *et al.* 2011; Keskkonnainvesteeringute Keskus 2014; Rannap *et al.* 2005).

1.3.1. Rannaniidud kui väärtuslikud elupaigad

Rannaniidud on kantud esmatähtsate elupaikadena Euroopa Liidu Loodusdirektiivi I lisasse (1630*), mille kaitseks peab moodustama Natura 2000 loodusalad (Rannap *et al.* 2005; Roosalu *et al.* 2007). Rannarohumaad kuuluvad ka Põhja-Euroopa mere sooldunud lodude alla ja neil on kõrge looduskaitse väärtus, olles elupaigaks paljudele haruldastele ja ohustatud kahepaiksetele, lindudele (eriti kurvitsalised) ja taimeliikidele (Sammul *et al.* 2012). Ramsari konventsiooni kokkulepe näeb ette poollooduslike koosluste (luha- ja rannaniitude) säilitamist ehk traditsioonilise majandamise jätkamist. Näiteks Matsalu valgala on väga suur (3500 m²) ja selle seisundi parandamine ja säilitamine võtab palju aega, vaeva ja raha (Kuresoo 1998).

Toetused

Natura 2000 võrgustikku kuuluvad pool-looduslike koosluste taastamise ja tarade ehitamise eest makstakse loodushoiutoetust. Hoolduseks saab toetust taotleda ka väljaspool Natura alasid asuvatele pool-looduslikele kooslustele (hoiualad, kaitsealad ja püsielupaigad). Natura aladel asuvate koosluste hooldamise toetus on tulenenud Eesti maaelu arengukavast 2007-2013. Toetusi makstakse PRIA kaudu ja see ala ei tohi saada muid toetusi (pindalatoetust, ühtset pindalatoetust või täiendavat otsetoetust). Vastavalt Looduskaitseseadusele (§ 17 lg 6) on võimalik paremateks hooldustöödeks kasutada tasuta riigile kuuluvat vara (tehnikat, loomad) (Roosalu *et al.* 2007).

Hooldamine

Karjatamine ja/või niitmine on rannaniitude pikaajalise säilimise eelduseks. Karjatamine on kõige lihtsam viis rannaniitude säilimise tagamiseks. Igal rannaniidul on ühe regiooni piires oma maakasutuse ajalugu, mistõttu hooldamisel tuleb lähtuda ala olukorrast. Heas seisundis rannaniitu iseloomustab mosaiiksus - madal taimkate, üksikud kõrged rohututid ja trambitud mudased lohud. Hooldamise lakkamisel hakkavad võimust võtma looduslikud protsessid ning alad, kas roostuvad või võsastuvad, kaotades olulise osa oma esteetilisest kui ka looduskaitse väärtusest. Juba paariaastane kasutusest välja jätmine põhjustab rannaniitude kulustumist, millele järgneb kiire pilliroo ja/või võsa pealetung. Rannaniitude kinnikasvamise tagajärjeks on nii halofiitse flora kui ka rannikukoosluste mitmekesisuse kiire vähenemine (Kose 2002, PKÜ 2017).

Kaitse

Eestis kannab rannaniitude eest hoolt ja peab olema võimeline nende kaitset korraldama valitsuse tasandil Looduskaitseosakond ja maakonna- ja valitsuse tasandil Keskkonna- või Loodushoiuosakonnad. Samuti on rannaniitude kaitse ja hooldus seotud teiste riigiasutuste (Põllumajandusministeeriumi) tegemistega ja seotud ka Eesti keskkonnanõukoguga, Eesti veekaitse- ja seireprogrammidega ning bioloogilise mitmekesisuse säilitamisega. Kui rannaniit asub kaitsealal, siis vastutab selle eest kaitseala valitseja. Vastavalt seadusandlusele on vastutavad osapooled ka maaomanikud ja mereäärased omavalitsused (Kose 2002; Lotman 1996).

1.4. Mulla süsiniku stabiilsus ja selle uurimise meetodid

Mulla orgaanilise aine stabiilne süsinik (SSOC – *stable soil organic carbon*) väärib tähelepanu tänu oma võimele vastu panna erinevatele antropogeensetele teguritele ja siduda ennast mulla osakestega. Võrreldes labiilse orgaanilise süsinikuga on SSOC valdav osa kogu mulla süsinikust (Song *et al.* 2012). Orgaanilise aine stabiliseerimise mehhanismid mullas on: (a) loomulik keemiline tõrksus; (b) kaitstud mineraalidega seotuse tõttu; (c) sulustumine agregaatidesse ja (d) puuduvad mikroobsed lagundajad. Näiteks märgalade taastamisel (karja- ja rohumaaalade märgaladeks) on orgaanilise süsiniku koguse suurenemine mullas oluliseks ökoloogilise taastumise näitajaks. Enamik uuringuid keskenduvad aktiivsele orgaanilisele süsinikule ning harva uuritakse SSOC muutusi taastatud märgaladel. Stabiilse OC muutusi on uurinud taastatud ökosüsteemides näiteks Wang *et al.* (2014).

Läheneviise SSOC määramiseks on järgmised:

- a) Füüsikaline meetod: fraktsioneerimine suuruse põhjal ja töötlemine HCl/HF-ga, (MOC (*mineral-associated organic carbon*) füüsiline ja keemiline eraldamine;
- b) Keemilised meetodid: CTO-375 ja Cr₂O₇ (BC (black carbon) analüüsimine);
- c) Füüsikalise ja keemilise meetodi kombinatsioon (MOC ja BC mõõtmine);
- d) MOC ja BC järjestikune keemiline analüüs.

Wang *et al.* (2014) artiklis esitati kaks kombinatsiooni: fraktsioneerimise kombinatsiooni ja keemilist isolatsiooni ning BC analüüsimine CTO-375 ja Cr₂O₇ meetoditel:

- fraktsioneerimise kombinatsioon põhines Plante *et al.* (2006) ja Zhang & He (2004) artiklitele, kus toimus mulla fraktsioonide eraldamine SHMP-ga (*Sodium hexametaphosphate*);
- keemiline isolatsioon põhines Eusterhues *et al.* (2003) artiklil, kus eraldati süsinik vesinikfluoriidhappega (HF) töötlemisel;
- BC analüüs Cr₂O₇ meetodil põhineb Lim & Cachier (1996) ja Song *et al.* (2002) artiklitel, kus keemilisel isolatsioonil allesjäänud jääk määrati Cr₂O₇ meetodil, et saada kätte BC;
- BC_{CTO} analüüs põhineb Gustafsson *et al.* (1997, 2001) artiklitel, kus BC üritatakse kätte saada kasutades hapet (HCl).

1.4.1. Füüsikaline fraktsioneerimise meetod

Et mulla orgaanilise aine varusid ja käivet hinnata ning funktsioone mõista, tuleb see ülejäänud mullast isoleerida. Sageli kasutatakse fraktsioneerimise meetodeid, et määratleda ja piiritleda erinevate muldade orgaanilise süsinike varusid (Cerli *et al.* 2012; Post & Kwon 2000; Trigalet *et al.* 2016). Tiheduse põhjal eraldatakse mullast kerge orgaaniline fraktsioon (LF – *light fraction*) ja mineraalidega seotud raske fraktsioon (HF – *heavy fraction*). Kerge fraktsioon jaguneb kaheks: vaba kerge (FLF – *free light fraction*) ja agregaatidesse sulustunud kerge (OLF – *occluded light fraction*) fraktsioon (Cerli *et al.* 2012). FLF on vähelagunenud orgaaniline aine, vedelikes hõljuv materjal. OLF on orgaaniline aine, mis sulustunud agregaatidesse. Agregaadid purustatakse ultraheli rakendamise ehk sonikeerimisega (*sonication*).

Tihedusfraktsioneerimist rakendatakse sageli mulla orgaanilisest ainest kerge ja raske fraktsiooni eraldamisel. Üks levinumaid meetodeid on rakendada ultraheli ehk sonikeerida proovi vedelikus, eesmärgiga agregaadid lõhustada, sulustunud orgaaniline aine vabastada ja kokku koguda (Cerli *et al.* 2012; Post & Kwon 2000). Cerli *et al.* (2012) testis sonikeerimisel rakendatavaid erinevaid energia intensiivsusi (J/mL) ning vedeliku tihedusi (g/cm³), mille

tulemusena saaks eraldada mullaproovist maksimaalse hulga orgaanilist materjali peenmineraalse (saastava) lisandita. Rakendatav energiahulk sõltub analüüsitava mulla omadustest ning tehakse kindlaks eelneva eksperimenteerimise käigus. Sobivaks fraktsioone eraldavaks keskkonnaks kasutatakse viimasel ajal inertse soola naatrium polüvolframaadi (NaPT, TC-Compounds, Saksamaa) lahust. Arvuka testimise järel järeldas Cerli *et al.* (2012), et optimaalseim NaPT lahuse tihedus oli 1,6 g/cm³, millest lähtuti ka käesolevas uurimustöös. Sel meetodil mulla orgaanilise aine fraktsioneerimisel on kolm astet. Kahes esimeses etapis eraldatakse kerged fraktsioonid, vaba ja agregaatidesse sulustunud. Kerge orgaanilise aine fraktsioon (koosneb ainult orgaanilisest materjalist) tõuseb tiheda vedeliku pinnale ning jäägina sadestunud raskes fraktsioonis sisalduvad organo-mineraalsed ühendikompleksid. Meetod eraldab kerge ja raske fraktsiooni, kasutades ära mulla mineraalide ja orgaanilise materjali tiheduste erinevusi (Cerli *et al.* 2012; Sammul *et al.* 2012).

Naatrium polüvolframaat (*sodium polytungstate, metatungstate*) on sool, mille vesilahuse tihedus toatemperatuuril võib maksimaalselt olla 3,1 g/cm³ ja mille erineva tihedusega lahuseid kasutatakse kergema ja raskema fraktsiooni eraldamiseks. NaPT ei ole inimesele ohtlik, on mittesüttiv, mittetoksiline, lõhnatu ja keskkonnasõbralik ning on välja vahetanud varem samal otstarbel kasutatud analoogsete omadustega toksilised ühendid. NaPT-i eeliseks on ka võimalus teda puhastada ja taaskasutada, säästes kemikaali kulu (TC-Tungsten Compounds 2017).

1.4.2. Mulla orgaaniline aine ja agregaadid

Mulla orgaaniline aine koosneb erinevas lagunemisastmes olevastest materjalist, mille lagunemisaeg võib ulatuda mõnest minutist kuni tuhandete aastateni (Golchin *et al.* 1994b; Torn *et al.* 1997; von Lützow *et al.* 2007). Sellised suured erinevused näitavad, et muld tagab olulisel määral kaitset mikroobse lagundamise vastu (Golchin *et al.* 1994b). SOM fraktsioonide lagunemisaeg on mõjutatud erinevatest stabilisatsiooni mehhanismidest (Sollins *et al.* 1996; Christensen 2001; von Lützow *et al.* 2006), näiteks:

- a. vastupanuvõime lagunemisele (materjalile omased/iseloomulikud keemilised omadused);

- b. biosaadavuse vähenemine (tingitud agregaatide moodustamine ja orgaanilise aine füüsiline eraldumine agregaatidesse);
- c. orgaanilise aine stabiliseerumine organo-mineraalsete ühenditena (pinnal toimuvates keemilistes reaktsioonides).

Agregaatide sees olev OM võib esineda tahke, kolloidse või molekuli suurustes klassides. Orgaanilise aine kaitstust mullas näitavad kaudsed tõendid ehk et kui häirida mulla agregate, siis selle tulemusena suureneb nii süsiniku kui lämmastiku mineraliseerumine (Golchin *et al.* 1994). Elliott (1986) leidis, et makroagregaatidega seotud orgaaniline aine oli kergemini lagunev võrreldes orgaanilise ainega, mis oli seotud mikroagregaatidega.

Paljud SOM uuringud on kasutanud keemilist ekstraheerimist või füüsikalist meetodit, et fraktsioneerida mulla orgaanilist ainet (Stevenson & Elliott 1989). Keemiline meetod ei ole osutunud kasulikuks, et jälgida orgaanilise aine dünaamikat mullas. Samas füüsikalist meetodit peetakse orgaanilist ainet vähem lõhkuvamaks ja selle tulemused seostuvad paremini SOM-i struktuuri ja funktsiooniga (Golchin *et al.* 1994b).

Mulla OM füüsikalised fraktsioonid on erinevad, sõltudes rakendatud energia hulgast ja saadud fraktsioonid põhinevad osakeste suurusel, tihedusel või sadestumiskiirusel. Tihedusel põhinevat eraldamist on kasutatud kahel eesmärgil: eraldada „kerge fraktsioon“ (vaba SOM) ja eraldada organo-mineraalsed ühendid (tavaliselt agregaatidest). Kerget fraktsiooni on üritatud mullast eraldada keetmisega, peeneks jahvatamisega (Oades & Ladd 1977) või ultraheli rakendamisega (Ford *et al.* 1969). Need nn lõhkumismeetodid eraldavad kerge orgaanilise fraktsiooni: a) vabadest ja stabiilsetest agregaatidest, b) sulustunud stabiilsetest agregaatidest (Golchin *et al.* 1994b).

2. MATERJAL JA METOODIKA

Töös proovide võtmisel ja ettevalmistamisel osalesid erinevad EMÜ töögrupid. Ülevaade autori ja töögruppide poolt tehtud tööst on näha tabelis 1.

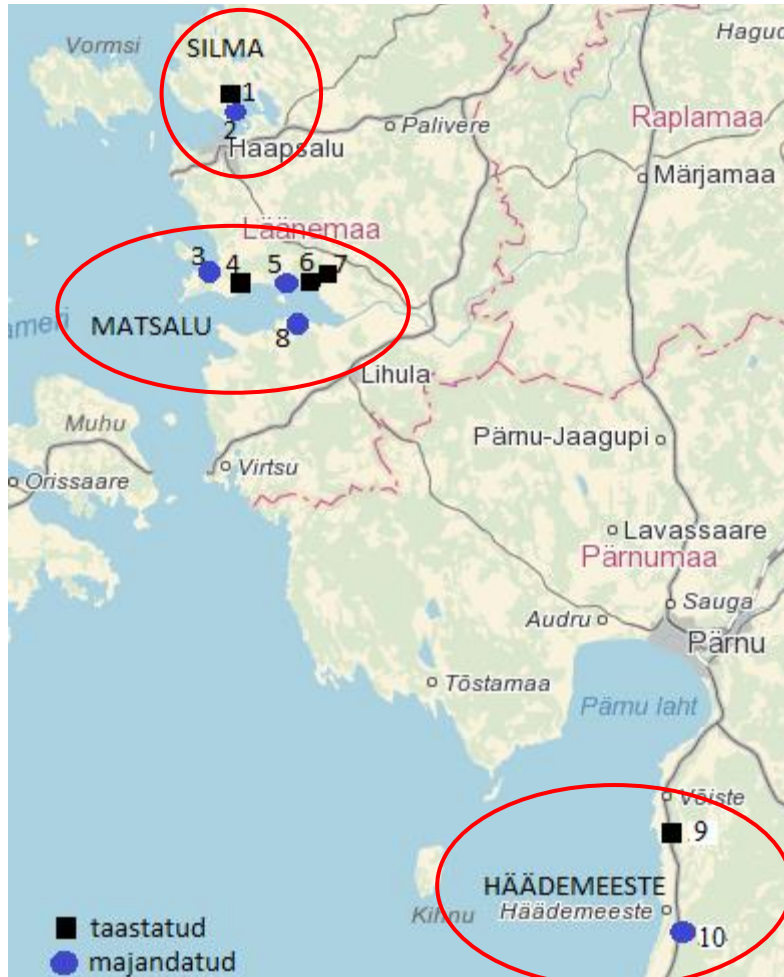
Tabel 1. Ülevaade autori ja töögruppide poolt teostatud töödest

Teostatud tööd	Autor	EMÜ mullateaduse ja agrokeemia osakond	Botaanika osakond
Välitööd		x	x
Proovide ettevalmistamine		x	
pH mõõtmine	x		
Orgaanilise aine sisalduse määramine	x		
üldsüsiniku ja – lämmastiku määramine		x	
Mulla mehaaniline koostis		x	
Tihedusfraksioneerimine	x		
Andmetöötlus	x		

2.1. Proovialade valik ja iseloomustus

Magistritöö jaoks koguti proovid 2015. aastal suvel Lääne-Eesti rannaniitudel kolmest piirkonnast (joonis 5) kümnealt alalt, tuginedes niitude erinevale hooldusajaloole. Välitööd teostasid Karin Kauer ja Marika Kose. Uuritavate alade valim põhines eelnevalt Sammul *et al.* (2012) tööühma poolt 2005. a. välja valitud majandatud, taastatud ja mahajäetud seisundis rannaniitude valimil. Kõik kaardil esindatud alad on nüüdseks mõõdukalt karjatatavad peamiselt veiste ja lammastega või niidetavad. Töö andmestikus käsitletakse „majandatud“ aladena neid, mis olid püsivalt majandatud juba aastani 2005 ning „taastatutena“ neid, mida

hakati taastama 3-5 aastat enne 2005. aastat ja pärast seda, proovivõtu ajaks majandamise kestusega kuni 10(15) aastat.



Joonis 5. Rannaniitude asukohad Lääne-Eesti rannikul.. Numbritele vastavad alad: 1 – Pürksi (taastatud) | 2 – Tahu (majandatud) | 3 – Põgari (majandatud) | 4 – Saardu (taastatud) | 5 – Haeska 1 (majandatud) | 6 – Haeska 2 (taastatud) | 7 – Haeska 3 (taastatud) | 8 – Salmi (majandatud) | 9 – Piirumi 2 (taastatud) | 10 – Häädemäe (majandatud). Allikas: Maa-ameti geoportaal, 2017

Alade kirjeldused piirkondade kaupa:

Kõik allpool kirjeldatud rannaniitude proovialad jäävad Väinamere loodus- ja linnualale ja on märgitud Loodusdirektiivi I lisas esmatähtsate elupaigatüüpidega.

Silma

Silma looduskaitseala (LKA) on 2010. aastast rahvusvahelise tähtsusega märgala ehk Ramsari ala (Valker 2012).

1. **Pürksi** rannaniit (taastatud) asub Läänemaal Noarootsi vallas. Rannaniit paikneb Silma looduskaitseala Tagalahe-Sutlepa sihtkaitsevööndis. Niidul lõppes hooldustegevus 1940ndatel aastatel ja alal hakkas laiuma roostik. Uuesti alustati karjatamisega 2006. aastal, kus taastamisel kasutati lehmi ja sügisel toimus veel roostiku purustamine.
2. **Tahu** rannaniit (majandatud) asub Läänemaal Noarootsi vallas, Tahu külast kirdes, idas ja kagus. Ala paikneb Silma looduskaitseala Tahu sihtkaitsevööndisse. Tahu rannaniit ei ole looduskaitse all, aga on keskmise looduskaitseväärtusega väga ilus rannakarjamaa, millel pesitseb rikkalik haudelinnustik. 2005. aastal oli Tahu majandatud rannaniit, kus 120 ha-l karjatati veisteid. 2011. aastast karjatati 50-60 ha alal lehmi (lisaks vasikad, pull).

Varasemalt (enne 1940ndaid) arvestati Pürksi ja Tahu külakarjamaade suuruseks kokku üle 150-hektari.

Matsalu

Matsalu kaitsealal on loodud lindude rahvusvahelise tähtsusega rändepeatus-, pesitus-, toitumis- ja sulgimisaigad (Keskkonnaagentuur, 2010). Matsalu looduskaitseala kaitsekorralduskava kohaselt on esimese prioriteega alad Põgari, Haeska ja Salmi rannaniidud ning teise prioriteediga ala Saardu rannaniit (Leibak & Lutsar 1996).

1. **Põgari-Sassi** rannaniit (majandatud) asub Lääne-Eestis, Ridala vallas, Põgari-Sassi küla juures. Ala paikneb Matsalu looduskaitseala Põgari sihtkaitsevööndis, kus kehtib kohustuslik karjatamise ja võsaraie nõue (Leibak & Lutsar 1996). Põgari on kõrge looduskaitseväärtusega rannaniit, sest madalad rannaniidulombid ja –veesilmad on oluliseks toitumisaigaks kurvitsalistele ning kudemiskohaks kõredele. Rannaniidu pindala 220 hektarit, millel on toimunud pidev karjatamine. 2004. aastal karjatati piimalehmi, hiljem lihaseid
3. **Saardu** rannaniit (taastatud). Asub Läänemaal Ridala vallas, Kiideva ja Saardu küla juures. Ala paikneb Matsalu rahvusparki Haeska sihtkaitsevööndi piires. Rannaniidu kogupindala on 400 hektarit, mis on paljude rändlindude rändepeatuskohaks ning kogu

niidu ala võib ülejutuse korral vee all olla. 2005. aastal oli niit mahajäetud (Sammul *et al.* 2012). Teadaolevalt oli see 1980ndatel kasutusel heina- ja karjamaana (Leibak & Lutsar 1996). Enne taastamist oli see soine rannaniit pikemalt roostunud ja võsastunud. Saardu rannaniitu taastamisega alustati 2006. aastal, mil hakati ala niitma. Aastatel 2006 – 2013 toimus alal taimestiku purustamine. Karjatamisega sellel alal ei tegeleta. Alates 2014 aastast jätkati ainult heina ja roo niitmist koos koristusega. Kuna niidetava ala ja vaba vee vaheline osa on niitmata, siis linnustiku jaoks on elupaiga kvaliteet ebasobiv ning sellest tulenevalt ei oma see rannaniit looduskaitselist väärtust.

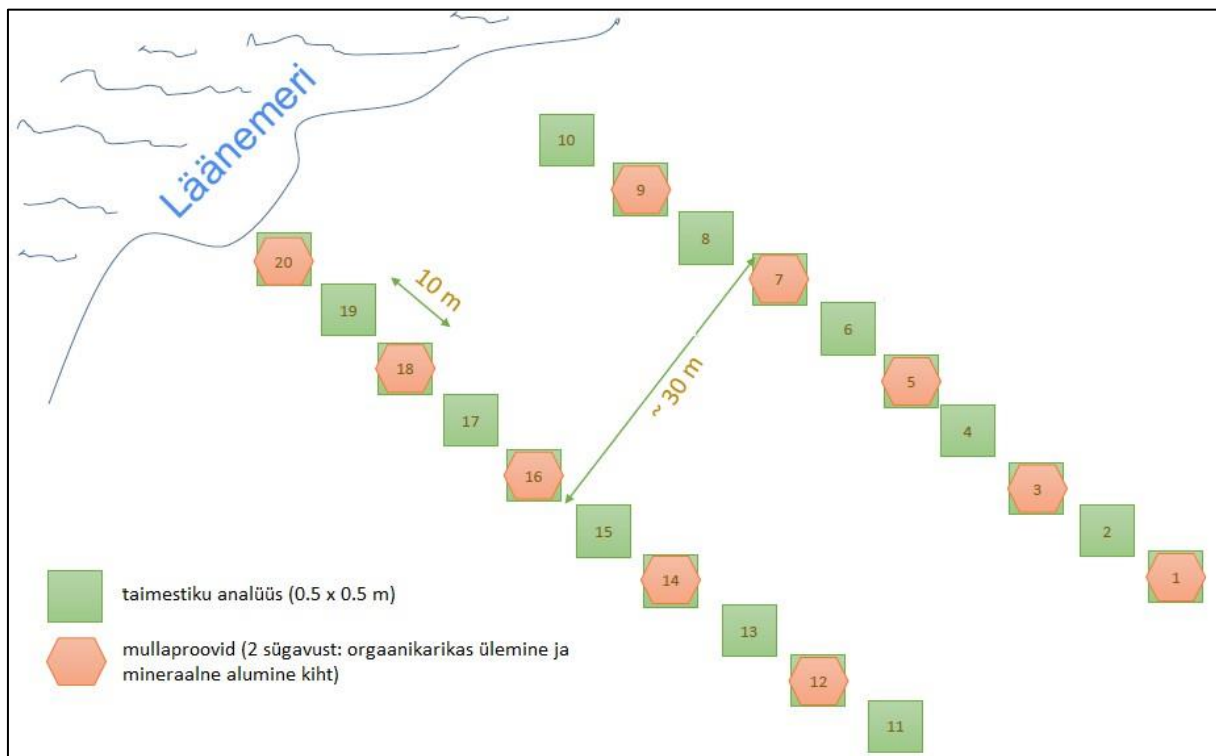
2. **Haeska 1** rannaniit (majandatud) asub Läänemaal, Ridala vallas, Haeska küla juures. Ala paikneb Matsalu rahvuspargis Haeska sihtkaitsevööndis. Haeska on rahvusvahelise tähtsusega linnuala. See oli 2005. aasta andmetel (Sammul *et al.* 2012) hooldatud rannaniit. Praegu karjatatakse 40 ha alal šoti mägiveiseid.
3. **Haeska 2 & Haeska 3** rannaniidud (taastatud). Tänapäeval toimub majandamine koos, 70 ha karjatatakse ja 30 ha niidetakse, mis üle karjatatakse. 2005. aastal märgiti Haeska 2 taastatud ja Haeska 3 mahajäetud rannaniiduks. Mõlemad alad omavad kõrget looduskaitselist väärtust (linnuala) (Leibak & Lutsar 1996).
4. **Salmi** rannaniit (majandatud) (lisa 4.4) on asub Läänemaal, Lihula vallas, Keemu ja Liustemäe küla juures. Ala paikneb Matsalu looduskaitseala tsoneeritud Saastna sihtkaitsevööndis, kus kehtib kohustuslik karjatamise ja võsaraie nõue (Leibak & Lutsar, 1996).. Salmi on kõrge looduskaitseväärtusega niiske rannaniit, niidurüdi tähtsaim pesitsuskoht Eestis (Lotman 2011). Rannaniidu pindala on 350 ha. Salmi rannaniidul on karjatamiskoormus ebapiisav (10-15 korda väiksem kui vaja) (Leibak & Lutsar 1996; Lotman 2011).

Häädemeeste

1. **Piirumi 2** rannaniit (taastatud) asub Pärnumaal, Tahkuranna vallas, Piirumi küla juures. Ala paikneb Lüttemaa looduskaitseala Piirumi sihtkaitsevööndis. 2005. aasta seisuga oli see mahajäetud niit (Sammul *et al.* 2012). Praegu karjatatakse veiseid, harvem lambaid
2. **Häädemeeste** rannaniit (majandatud) asub Pärnumaal, Häädemeeste vallas, Pulgoja küla juures. Ala paikneb Lüttemaa looduskaitseala Pulgoja sihtkaitsevööndis ning on pidevalt majandatud rannaniit. Rannaniidul on ülejutused regulaarsed ja maapind on kohati kivine. Häädemeeste on kõrge looduskaitseliku väärtusega, millel on kõrge nii botaaniline kui ka zooloogiline väärtus (Leibak & Lutsar 1996).

2.2. Proovide kogumine

Mullaproovi võtmine kavandati kahel rannajoonega risti paikneval 100-meetrisel transektil, et katta võimalik vööndiline mitmekesisus rannaniidul (joonis 6). Kahe transekti vahekaugus oli ~30 meetrit. Mõlemal transektil tehti sügavkaevud iga 20 meetri tagant (joonis 6; lisa 4.1; lisa 4.2). Mullaproovid võeti huumushorisondist (A horisont) ja selle all olevast huumushorisondi lähtekivimiks ülemineku horisondist (AC horisont) (lisa 4.3). Perioodiliselt üleujutatud rannikumuldades on sageli pealehutatud setete tõttu kihiline profiil ja all pool paiknevad kihid võivad olla suhteliselt rikkad orgaanilise aine sisalduse poolest. Visuaalsel hinnangul oli huumushorisondi ülemine osa oli orgaanikarikas, viltja struktuuriga, vähem lagunenenud varise materjaliga ja tihedalt juurestatud ning alumine üleminekuhorisont rohkem mineraalosaga segunenud. Igal kaevel mõõdeti labidalaieust proovist huumushorisondi tusedus, proovi võtmise sügavus ja vajadusel tehti eripära iseloomustavad märkused. Kokku võeti proove igal alal 10 kaevest (joonis 6), kokku oli 200 mullaproovi.



Joonis 6. Mullaproovide võtmise skeem (joonistanud Ü. Püttsepp)

Proovialade muldade omadustest ülevaate saamiseks analüüsiti esmalt nii ülemise (A) kui alumise (AC) kihi proovid (pH, orgaanikasisaldus LOI (*loss on ignition*) meetodil, C_{üld} ja N_{üld}), kuid tihedusfraktsioneerimiseks valiti AC horisontide proovid.

2.3. Mullaproovide ettevalmistus analüüsideks

Mullaproovide eeltöötlus tehti EMÜ mullateaduse ja agrokeemia osakonna teaduslaboris. Kuna enamik värsked proove olid veega küllastunud või märjad, jaotati proovid esmalt laborilaudadele õhu kätte kuivama. Seejärel tükeldati ja uhmerdati proovid puunuiaga, mille käigus eemaldati suuremad risoomid ja muud jäägid. Seejärel sõeluti mullaproovid läbi 2 mm sõela ja eemaldati sõelale jäänud kiuline ja jämedam/koredam materjal.

2.4. Mullaproovide keemilised ja füüsikalised analüüsid

2.4.1. pH mõõtmine

Mõõtmaks pH-d, kaaluti keeduklaasidesse 10 g kuiva mulda ja 50 ml KCl lahust. Keeduklaasis segati proov ja jäeti 12 tunniks settima katte alla, et lahus ära ei aurustuks. Seejärel segati proov uuesti ja jäeti uuesti settima ~üheks tunniks. Mõõtmiseks kasutati pH elektroodi (inolab WTW pH electrode SenTix 41-3), mis eelnevalt puhastati destilleeritud veega. Elektrood pandi katseklaasi ja vaikselt vahepeal liigutades oodati, kuni pH näit ekraanil ei muutu. Pärast igat mõõtmist elektrood loputati uuesti destilleeritud veega puhtaks.

2.4.2. Orgaanilise aine sisalduse määramine

Orgaanilise aine sisaldus määrati kuumutuskao (LOI – *loss on ignition*) meetodil. Esmalt kaaluti tühjad kvartstiigid ja siis vastavalt visuaalsele hinnangule orgaanika sisalduse kohta

(värvus/tihedus) kaaluti kas 3 g või 4-5 g mulda. Korraga sai valmis panna 20 kvartstiiglit. Absoluutkuiva kaalu määramiseks kuumutati proovid 105 °C juures 24 h. Seejärel jahutati eksikaatoris toatemperatuurini ja kaaluti 0,0001 g täpsuseni. Orgaanilise aine sisalduse määramiseks kuumutati proovid 500 °C juures muhvelahjus 3,5 h. Kuumutamise tsükkel programmeeriti järgmiselt: 1 h soojenemine, 3,5 h 500 °C, 1,5 h jahtumine. Seejärel jahtusid proovid eksikaatoris toatemperatuurini ja kaaluti 0,0001 g täpsuseni. Kuumutuskao (%) arvutamiseks kasutati valemit:

$$\% \text{ LOI} = \frac{100 \times [(tiigel + \text{muld } 105^\circ) - (tiigel + \text{muld } 500^\circ)]}{(tiigel + \text{muld } 105^\circ) - (\text{tühi tiigel})} \quad (1)$$

2.4.3. Üldsüsiniku ja -lämmastiku sisalduste mõõtmised

Ettevalmistatud absoluutkuivadest mullaproovidest määrati üldsüsiniku ja -lämmastiku sisaldus Dumas kuivpõletusmeetodil elementanalüsaatoril varioMAX CNS (ELEMENTAR, Saksamaa).

2.4.4. Proovide valik fraktsioneerimiseks orgaanilise aine sisalduse alusel

Mulla orgaanilise aine eraldamiseks ja fraktsioneerimiseks tiheduse alusel tehti valik alumise (AC horisondi) huumuskihi mullaproovidest kahe kriteeriumi järgi. Kõige alguses fraktsioneeriti mõned proovid A kui AC horisondist ning selle protseduuri käigus selgus, et suure orgaanilise aine sisaldusega proovide puhul ei ole selline fraktsioneerimismeetod efektiivne. Seetõttu otsustati selles töös seada orgaanilise aine kriteeriumiks <10 % (LOI). Teine kriteerium oli, et vastavate proovide asetus transektil jaotuks kolme piirkonda: maa pool, keskel ja mere pool. Maapoolseteks loeti kahe paralleelse transekti prooviruudud 1, 3, 12, keskmisteks ruudud 5, 7, 14, 16 ja merepoolseteks ruudud 9, 18 ja 20 (joonis 6). A horisondi orgaanilise aine sisaldus oli oluliselt kõrgem võrreldes AC horisondi orgaanilise aine

sisaldusega, seetõttu valiti fraktsioneerimiseks AC horisondi proovid. Kaks ala (Haeska 3 ja Piiurumi 2), mille AC horisontide orgaanilise aine sisaldus enamikes proovides oli > 10 % jäid fraktsioneerimise valikust välja.

2.4.5. Mulla orgaanilise aine eraldamine (fraktsioneerimine) tiheduse alusel

Metoodika protseduur põhineb Torino Ülikooli DISAFA osakonna koostööpartnerite protokollile, mis omakorda oli kohandatud Sohi *et al.* (2001), Golchin *et al.* (1994b) ja Schmidt *et al.* (1999) artiklitel põhjal. Orgaanilise aine eraldamisel kasutati tihedusfraktsioneerimist, kuna orgaanilise aine kerge fraktsioon on kergem, tõuseb tiheda soolalahuse pinnale ja seda on võimalik eraldada mullamineraalidega assotsieerunud raskest fraktsioonist erineva tiheduse ja osakeste raskuse alusel.

Magistritöös kasutati tiheda lahuse valmistamisel NaPT soola SPT-1 tüüpi pulbrit (tootja TC-Tungsten Compounds).

NaPT-i lahuse valmistamiseks lahustati 741 g SPT-1 pulbrit (TC-Tungsten Compounds GmbH, Saksamaa) ($\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}) \cdot \text{H}_2\text{O}$) destilleeritud vees (1000 mL) ja reguleeriti tihedusele 1,6 g/cm³. Tiheduse valik põhines varasematele uuringutele, kus võimaldati eraldada maksimaalses koguses peaaegu puhast orgaanilist materjali organo-mineraalsest ja mineraalsest osast (Golchin *et al.* 1994b, Cerli *et al.* 2012).

Tihedusfraktsioneerimine

Tihedusfraktsioneerimine teostati väljavalitud proovidel kahes korduses.

Katsete jaoks kaaluti mulda ja soolalahust (NaPT) arvestusega, et proovi ja lahuse suhe oleks 1:5, ehk kokku oleks õhukuiva mulda 25 g ja NaPT-i 125 mL, mis segati kokku eelkaalutud tsentrifuugi topsis. Üldiselt lisati NaPT-i kolme osana, vahepeal segades klaaspulgaga. Juhul kui olemasoleva mullaproovi kogus oli liiga väike, siis kasutati koguseid 20 g mulda ja 120 mL soolalahust. Seejärel loksutati õrnalt ~1 min, et muld märguks ja lasti seista 1 tund. Seejärel

tsentrifuugiti (SIGMA 3-18K Centrifuge) proovid 10 °C juures 1 h, kiirusel 4070 x g (3185 pööret minutis).

Et saada kätte vaba kerge fraktsioon (FLF), tuli eraldada tsentrifuugitud proovist kõik suured lahuse pinnal hõljuvad orgaanilise aine osakesed. Selleks kasutati kummist spaatlit, millega topsti seinte küljes ja lahuse pinnal (vajadusel kasutada spaatli puhastamiseks NaPT-i), Bückneri lehtril asuval 0,7 µm poori suurusega filtrile (GF/F Glass circle diameter 55mm, Whatman Ltd, Saksamaa). Seejärel lülitati vaakumpump sisse ja kallati lahus ettevaatlikult filtrile. Kui kogu NaPT oli läbi filtrist läbi läinud, siis kallati see vaakumkolvist välja analüüsi järgmises etapis kasutamiseks ning alustati filtril olema FLF puhastamist destilleeritud veega, kuni filtraadi elektrijuhtivus oli alla 20 µS/cm (umbes 3-5 vaakumkolvi täit vett). Filtril olev puhastatud FLF teisaldati seejärel eelnevalt kaalutud topsti ja kuivatati ventileeritud ahjus 45 °C juures.

Mulla agregaatidesse sulustunud kerge fraktsiooni (OLF) saamiseks kasutati esimesest protsessist filtreeritud NaPT lahust, mis kallati mõõtesilindrisse ja täideti uuesti 125 mL-ni lisades NaPT lahust. Seejärel segati tsentrifuugi topsis olev settinud materjal kokku täiendatud NaPT-ga ning uus kogus kaaluti. Saadud tulemus kanti Exceli tabelisse, kus proovi kogust ja sonikaatori kalibreeritud väljundvõimsust arvestades arvutati vastav proovi ultraheliga töötlemise aeg (lisa 2) (agregaatide lõhustamine). Enne proovi töötlemist ultraheliga, soojendati ultraheli homogenisaator (Sonopuls UW3200 Bandelin) 1 min destilleeritud vees. Pärast sonikeerimise lõppu jäeti proovid 30 minutiks seisma, seejärel toimiti samamoodi kui FLF puhul (tsentrifuugimine -> proovi eraldamine filtrile -> filtreerimine -> loputamine destilleeritud veega -> ventileeritud ahju 45 °C juurde kuivama). Pärast OLF eraldamist läks filtreeritud NaPT puhastamisele (valmistati ette taaskasutamiseks).

Mullale sobiva energia, kus saab kätte agregaatidest kõige rohkem saagist ja süsinikku, leidmiseks fraktsioneeriti mullaproovid kasutades erinevaid sonikeerimisenergiad. Kõikide valitud proovide puhul alustati energiaga 50 J/mL, seejärel 100 J/mL ja 150 J/mL, kus energiahulka reguleeriti ajaga ehk mida kõrgem energia seda pikem aeg agregaatide lõhustamiseks. Sobiva energiahulga välja selgitamiseks oli vaja sonikeermisel kasutada ka madalamat (25 J/mL) vahepealset (125 J/mL) ja kõrgemat (250 J/mL) energiat. Edasine energia valik sõltus sellest, kuidas OLF proov pärast sonikeerimist järgmises etapis filtreerides „käitus“. Kui proovi oli raske filtreerida, siis energiat vähendati, aga kui filtreerimine toimus

probleemideta, siis sonikeeriti ka kõrgemate energiatega. Sobiva energia hulga leidmine toimus tulemuste võrdlemisel ja jooniste visuaalsel hinnangul (vt pt 3.2.1.).

Tsentrifuugi topsi järele jäänud mineraalidega seotud rasket fraktsiooni (HF) puhastati destilleeritud vee ja tsentrifuugimisega, selleks lisati tsentrifuugi topsis olevale proovile destilleeritud vett, et topsi kogukaal oleks umbes 210 g (samas vee kogus polnud oluline) ja segati korralikult läbi. Seejärel pandi proov viieks minutiks loksutile (GFL 3017 Orbital Shaker) loksuma, pärast seda proov tsentrifuugiti 1 tund. HF loputamist destilleeritud veega korralitati seni, kuni saadi elektrijuhtivus alla $50 \mu\text{S}/\text{cm}$. Seejärel pandi proov eelnevalt kaalutud topsi ja ahju 45°C juurde kuivama. Rannamuldade proovides oli HF fraktsiooni elektrijuhtivuse näidu saavutamine alla $50 \mu\text{S}/\text{cm}^1$ raske, mistõttu otsustati jääda $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ ümber.

Kuivad fraktsiooniproovid pandi eksikaatorisse jahtuma ja kaaluti. Seejärel purustati proovid kuuliveskites (Retsch MM400, Saksamaa) ja pandi väikestesse läbipaistvatesse kilekottidesse, kirjutati peale andmed (muld, fraktsioon, katse number). Eraldatud fraktsioonides analüüsiti süsiniku ja lämmastiku sisaldus (lisa 2).

NaPT-i puhastamine

NaPT on taaskasutatav ja lihtsasti puhastatav. Kasutatud NaPT-i lahuses võib olla mullaproovist eraldunud jääke, millest vabanemiseks lasti lahus aeglaselt ($1 \text{ mL}/\text{min}$) läbi suure aktiivsõega täidetud klaaskoloni. Süsi puhastati NaPT lahusest destilleeritud veega. Seejärel kontsentreeriti kogu lahus ventileeritud ahjus $<70^\circ\text{C}$ juures minimaalselt 24 h. Siis filtreeriti kontsentreeritud NaPT-i lahus läbi $0,7 \mu\text{m}$ filtri vaakumpumba abil. Seejärel reguleeriti lahus ruumala ja massi suhet jälgides soovitud $1,6 \text{ g}/\text{cm}^3$ tiheduseni.

2.4.6. Mulla mehaanilise koostise määramine

Lõimiste määramiseks määrati liiva, savi ja ibe osakeste protsentuaalne vahekord mullas. Kuna lõimiste määramine on ajamahukas, siis määrati lõimis 16 mullaproovist (8 ala, igalt alalt 2 proovi, v.a Haeska 1 (3 proovi) ja Haeska 2 (1 proov)) pipettmeetodil. Tabelis 2 on märgitud

proovid, mis valiti juba fraktsioneeritud muldadest ja vastavalt nende asetusele transektil, mis annaks ülevaate 100 m ulatuses.

Tabel 2. Mulla mehaanilise koostise määramiseks valitud alad, nende proovide sügavus ja selle asukoht transektil.

Ala	Proovi sügavus, cm	Asukoht transektil
Haeska 1	13-19	maa
Haeska 1	9-19	kesk
Haeska 1	6-17	meri
Haeska 2	9-21	maa
Häädemeeste	8-17	maa
Häädemeeste	5-13	kesk
Põgari	9-14	maa
Põgari	8-13	kesk
Pürksi	8-16	maa
Pürksi	9-14	meri
Saardu	9-19	maa
Saardu	6-20	meri
Salmi	6-15	maa
Salmi	10-20	meri
Tahu	8-13	maa
Tahu	7-20	kesk

2.4.7. Arvutused ja andmetöötlus

Mulla orgaanilise aine fraktsioonide – vaba kerge (FLF), agregaatidesse sulustunud kerge (OLF) ja mineraalidega seotud raske fraktsioon (HF) üldtähistus arvutusvalemitega on F.

Orgaanilise aine fraktsioonide jaotus mullas (g_F/kg). Mulla orgaanilise aine fraktsioonide – sisaldused mullas arvutati valemi alusel:

$$\frac{g_{SAAGIS_F}}{g_{PROOV}} * 1000 = \frac{g_F}{kg}, \quad (2)$$

kus PROOV tähistab ettevalmistatud mullast kaalutud kogust (tavaliselt 20 g või 25 g), SAAGIS fraktsioneerimise tulemusena eraldatud vastava fraktsiooni kogust.

Orgaanilise aine fraktsioonides sisalduva süsiniku jaotus mullas (gC_F/kg) arvutati valemi (2) tulemi alusel:

$$\frac{g_F}{kg} * \frac{\%C_F}{100} = \frac{g C_F}{kg} \quad (3)$$

Orgaanilise aine fraktsioonides sisalduva süsiniku kontsentratsiooni jaotus kõikides fraktsioonides sisalduva süsiniku suhtes ($\% C_F$) arvutati valemi (3) tulemi alusel:

$$\frac{\frac{g C_F}{kg}}{(\frac{g C}{kg}_{FLF} + \frac{g C}{kg}_{OLF} + \frac{g C}{kg}_{HF})} * 100 = \%C_F \quad (4)$$

Orgaanilise aine fraktsioonides sisalduva süsiniku hulk mulla üldsüsiniku suhtes (gC_F/kg_{TOC}) arvutati valemi (4) tulemi alusel:

$$\frac{g}{kg} TOC * \frac{\%C_F}{100} = \frac{g C_F}{kg_{TOC}} \quad (5)$$

Mõõdetud tunnustel leiti grupikeskmised väärtused ja standardhälbed. Andmestiku täiendati lisades paralleelproovidele nende keskmiste väärtuste lisatunnus. Tunnuste normaaljaotust kontrolliti Shapiro-Wilk testiga ja dispersioonide homogeensust Levene testiga. Eelduste mittekehtimisel kasutati keskmiste võrdlusel mitteparameetrilist Kruskal—Wallise dispersioonanalüüsi meetodit.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1. Rannaniitude muldade keemilised ja füüsikalised omadused

3.1.1. Majandamise kestuse ja proovialade mõju

Erinevate mulla omaduste keskmised väärtused proovialade kaupa on esitatud tabelis 3. Üldiselt oli taastatud ehk lühemat aega majandatud alade muldades kõrgem orgaanilise aine sisaldus. Kõige madalam keskmine % LOI väärtus oli Haeska 1 majandatud rannaniidul Matsalus ja kõrgeim taastatud Pürksi rannaniidul Silmas, vastavalt 13,5 % ja 36,2 %. Proovialade kõrgemad üldsüsiniku ($C_{\text{üld}}$) ja –lämmastiku ($N_{\text{üld}}$) sisaldused mullas olid taastatud aladel Pürksis ja Haeska 3-s, veidi üle 14 % C ja üle 1 % N.

Tabel 3. Proovialade muldade omaduste keskmised väärtused ja standardhälbed (sulgudes). Alad reastatud paiknemise järgi põhjast lõunasse. Väiksed tähed tulbas näitavad statistilist erinevust alade vahel ($p < 0,05$, Kruskal-Wallise test)

Prooviala	Majandamisviis	N	pH _{KCl}	% LOI	% $C_{\text{üld}}$	% $N_{\text{üld}}$	C/N
Pürksi	taastatud	21	5,03 ^a (0,32)	36,20 ^c (25,30)	14,07 ^{cd} (9,06)	1,03 ^b (0,67)	14,07 ^{ab} (1,29)
Tahu	majandatud	24	6,02 ^c (0,95)	23,51 ^{ac} (26,97)	10,58 ^{ad} (11,92)	0,75 ^{ab} (0,88)	22,10 ^c (13,25)
Põgari	majandatud	19	7,02 ^d (0,45)	22,15 ^{abd} (14,46)	9,09 ^{ad} (4,72)	0,75 ^{ab} (0,47)	14,89 ^{ab} (7,06)
Saardu	taastatud	19	6,69 ^d (0,92)	20,27 ^{ab} (17,82)	8,93 ^{ac} (8,17)	0,69 ^{ab} (0,63)	17,01 ^b (10,12)
Haeska 1	majandatud	18	7,36 ^e (0,33)	13,50 ^a (7,82)	6,09 ^a (3,25)	0,47 ^{ac} (0,29)	14,24 ^{ab} (3,02)
Haeska 2	taastatud	21	5,60 ^b (0,61)	30,86 ^{bc} (21,75)	12,37 ^{bcd} (8,78)	0,98 ^b (0,68)	12,44 ^{ab} (0,91)
Haeska 3	taastatud	22	5,46 ^b (0,31)	34,09 ^{cd} (21,66)	14,32 ^{cd} (9,18)	1,06 ^b (0,63)	13,38 ^{ab} (1,51)

Salmi	majandatud	24	6,14 ^c (0,32)	20,39 ^{ab} (15,10)	8,19 ^{ab} (6,16)	0,67 ^{ab} (0,50)	13,98 ^{ab} (8,28)
Piirumi 2	taastatud	18	6,81 ^d (0,32)	19,71 ^{ab} (9,81)	9,08 ^{ad} (4,22)	0,82 ^{ab} (0,44)	11,40 ^a (1,00)
Häädemeeste	majandatud	21	4,71 ^a (0,33)	25,34 ^{ac} (15,29)	10,66 ^{ad} (6,38)	0,92 ^{ab} (0,56)	11,96 ^a (1,36)

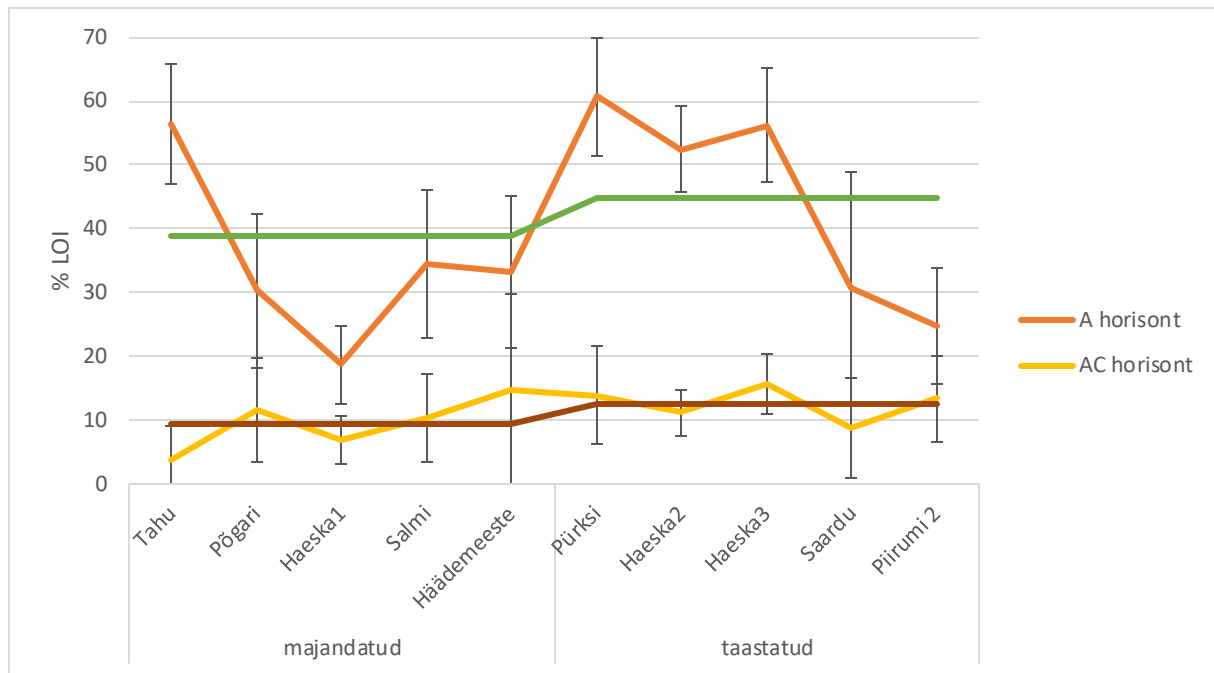
Kõikide alade mullaomaduste keskmiste väärtuste võrdlus majandusviiside kaupa on esitatud tabelis 4. Lühiajaliselt majandatud ehk taastatud aladel oli nii üldiselt kui kihiti statistiliselt olulised kõrgemad tulemused, v.a. pH ja C/N.

Tabel 4. A ja AC horisontide näitajate keskmised väärtused ja standardhälbed sõltuvalt majandamisviisidest. Esitatud väiksed tähed tulbas näitavad statistilist erinevust ($p < 0,05$) erinevate majandusviiside ja horisontide vahel

Majandamise viis	N	pH _{KCl}	% LOI	% C _{üld}	% N _{üld}	C/N
Majandatud	106	6,20 ^b (1,05)	21,2 ^a (17,74)	9,03 ^a (7,45)	0,72 ^a (0,60)	15,44 ^a (8,54)
Taastatud	101	5,87 ^a (0,88)	28,7 ^b (21,02)	11,91 ^b (8,37)	0,93 ^b (0,63)	13,62 ^a (4,70)
majandatud A horisont	49	6,00 ^a (0,93)	34,46 ^a (15,67)	14,28 ^a (7,01)	1,15 ^a (0,50)	12,45 ^a (1,73)
Taastatud A horisont	50	5,73 ^a (0,76)	44,94 ^b (18,11)	18,52 ^b (6,86)	1,44 ^b (0,45)	12,66 ^a (1,52)
majandatud AC horisont	57	6,36 ^a (1,12)	9,84 ^a (9,71)	4,51 ^a (4,12)	0,35 ^a (0,39)	18,14 ^a (11,05)
Taastatud AC horisont	51	6,01 ^a (0,97)	12,77 ^b (6,33)	5,44 ^b (2,75)	0,42 ^b (0,24)	14,58 ^a (6,36)

¹ töö alguses jagati huumushorisondi tuseduse järgi mullaproovid kaheks horisondiks (vt 2.2.) ning sellest tuleneb ka jaotus

Suurt orgaanilise aine sisalduse varieeruvust erinevate alade muldades näitab joonis 7. Orgaanilise aine sisaldused oli AC horisontides sarnasemad, varieerudes 10 % ümber nii majandatud kui taastatud aladel kui A horisontides, kus varieeruvus oli kuni 40 %.

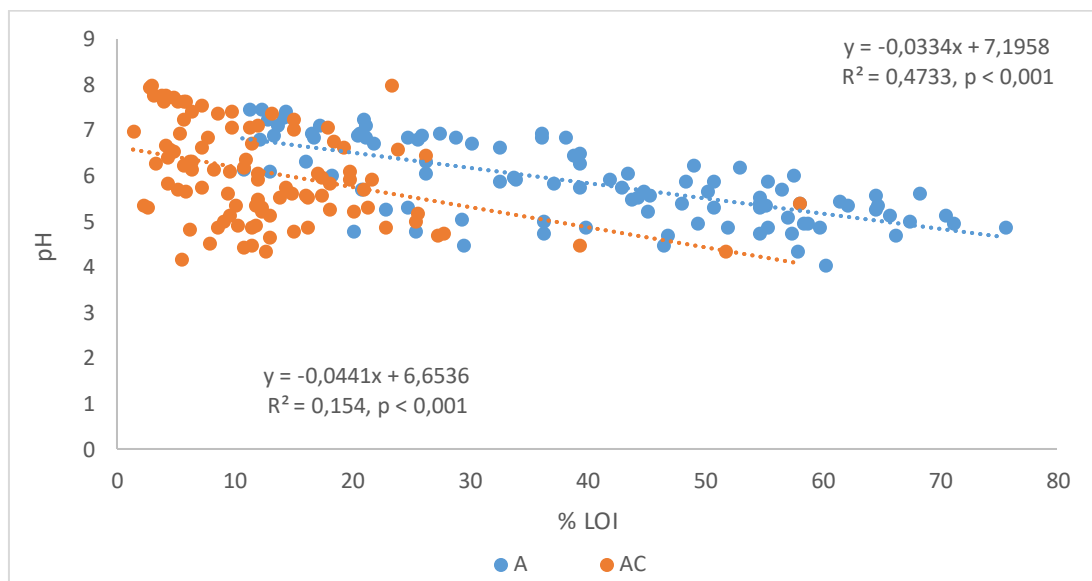


Joonis 7. Orgaanilise aine sisalduste (% LOI) võrdlus A ja alumise AC horisontide vahel ja majandamisviiside keskmised. Alad on reastatud majandusviiside kaupa põhjast lõunasse suunal. Vearibad tähistavad standardhälbeid.

Suurem orgaanilise aine ja süsiniku akumulatsioon taastatud aladel lubab oletada suuremat taimse materjali hulka (koristamata puud/põõsad, niidetud rohi) või erinevat koosseisu ja sellega seotud lagunemistingimuste erinevust võrreldes pidevalt majandatud aladega. Ka Sammul *et al.* (2012) leidis, et pikemalt kasutusest väljas olnud rannaniitudel oli suurem orgaanilise aine ja süsinikusisaldus mullas. Ehkki taastatud alad on viimase 10 - 15 aasta kestel majandatud, on erinevus siiski oluline.

3.1.2. pH ja mulla orgaanilise aine seos

Orgaanilise aine sisaldus mulla A horisondis varieerus vahemikus 10-76 % (mediaan 39,3 %), mõõdetuna kuumutuskao abil. AC horisondis varieerus orgaanilise aine sisaldus vahemikus 1-51 % (mediaan 10,8 %). Mulla A ja AC horisontide orgaanilise aine sisalduste ja pH seosed on toodud joonisel 8. Orgaanilise aine sisalduse suurenemisega kaasnes pH vähenemine, see tendents on tugevamini väljendunud A horisondis ($R^2 = 0,47$). Richie & Dolling (1985) artikkel väidab, et üldiselt mulla orgaaniline aine ei soodusta pH muutust.



Joonis 8. Orgaanilise aine sisalduse ja pH seos A horisondi (n=99) ja AC horisondi (n=101) proovides

3.1.3. Mulla mehaaniline koostis

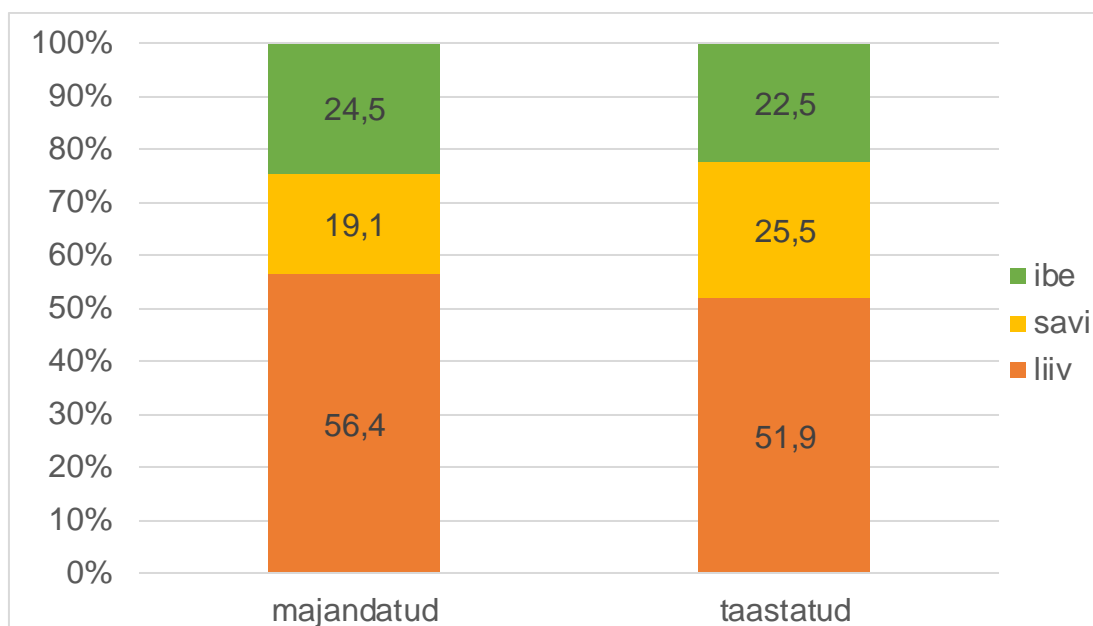
Uurimisalade muldade mehaanilised koostised on välja toodud tabelis 5. Paksus kirjas (**bold**) kirjas on esitatud vastava proovi lõimise suurima osakaaluga komponendi väärtus. Tabelist on näha, et enamiku alade mullad on suure liiva protsendiga (>50%, v.a Saardu maapoolne ruut (35,7%). Savi sisaldus oli suurim Haeska 2 ja Salmi proovis. Ibe sisaldus oli suurim Põgari mullas maapoolsemas ruudus, 56,3 %.

Märkimisväärne on, et mulla mehaaniline koostis muutus liikudes maalt mere poole (prooviruutude vaheline samm ~20 m). Näiteks Salmi maapoolsel ruudul on savisisaldus suurim, aga mere mõjualas liivasisaldus ning näiteks Haeska 1 alal ruudu asukoht lõimise sisaldust ei mõjutanud ehk suurim oli liiva osakaal kogu transekti ulatuses.

Tabel 5. Lõimise koostise keskmised väärtused protsentides. Mõõtmiste arv oli n = 3 (Haeska 1), n = 2 (Häädemeeste, Põgari, Pürksi, Saardu, Salmi, Tahu), n = 1 (Haeska 2).

			liiv >0,063	savi <0,002	ibe 0,002-0,063
Ala	Proovi sügavus, cm	Asukoht transektil	%		
Pürksi	8-16	maa	61,9	19,4	18,7
Pürksi	9-14	meri	76,3	11,3	12,4
Tahu	8-13	maa	60,9	8,5	30,7
Tahu	7-20	kesk	76,3	10,5	13,1
Põgari	9-14	maa	39,9	3,9	56,3
Põgari	8-13	kesk	44,0	20,9	35,1
Haeska 1	13-19	maa	58,5	17,3	24,3
Haeska 1	9-19	kesk	52,4	21,1	26,5
Haeska 1	6-17	meri	40,6	26,4	33,1
Haeska 2	9-21	maa	11,1	48,7	40,2
Saardu	9-19	maa	35,7	31,4	32,9
Saardu	6-20	meri	74,6	16,9	8,5
Salmi	6-15	maa	27,5	52,1	20,5
Salmi	10-20	meri	52,5	35,7	11,8
Häädemeeste	8-17	maa	89,6	5,7	4,7
Häädemeeste	5-13	kesk	77,9	8,7	13,4

Lõimiste protsentuaalset jaotust vastavalt majandusviisile näitab joonis 9. Jooniselt on näha, et savi sisaldus oli veidi suurem taastatud aladel ning liiva ja ibe sisaldus majandatud aladel veidi suurem, kuid üldiselt olid mõlema majandamisviisi mullad mehaanilise koostise poolest sarnased. Natuke detailsemat erinevust on näha eelpool olevas tabelis 5.



Joonis 9. Lõimiste (ibe, savi, liiv) % jaotus vastavalt majandusviisile

3.2. Orgaanilise aine fraktsioonide ja süsiniku jaotus rannaniitude muldades

3.2.1. Sonikeerimisenergiate leidmine eelkatsete tulemusena

Erinevate proovide saagis, süsiniku- ja lämmastiksisaldused OLF-is erinevate sonikeerimisenergiate juures on esitatud lisas 3. Tulemused näitavad, et sonikeerimisenergiad olid erinevatel aladel erinevad ning varieerusid ka alade piires (prooviruutudel).

Tabelis 6 on näide eelkatsete tulemustest, mille järgi otsustati sobiv energiahulk agregaatide lõhustamiseks, et saada sinna sulustunud orgaanilise süsiniku maksimaalne saagis. Tabelis 6 on ära toodud Häädemeeste mulla iga korduse vastavad kaalutud kogused (tühi tops, kogukaal, kaalutud muld) ja sonikeerimise energiad.

Tabel 6. Häädemeeste mulla OLF fraktsiooni tabel.

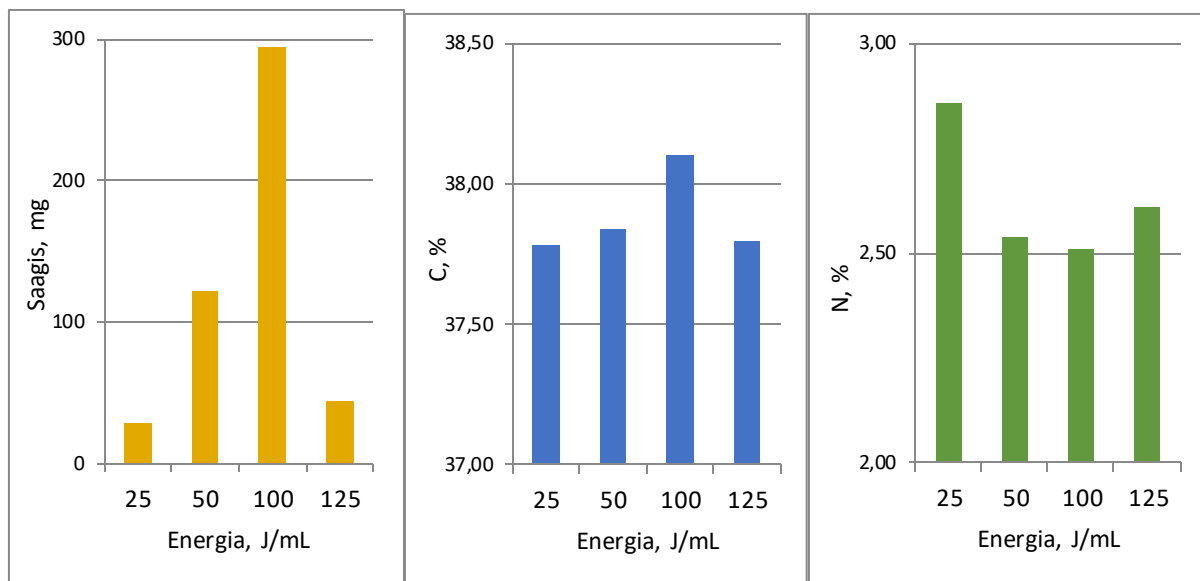
Power output (J s ⁻¹)	Tare tube (g)	Total weight (g)	Weightsoil (g)	Density NaPT (g cm ⁻³)	Density Soil (g cm ⁻³)	Total volume (ml)	Sonication energy (J ml)	Time (min:sec)	Korduse nr
60,93	48,00	280,50	20,00	1,60	2,65	140,36	50	01:55	44
60,93	48,00	281,30	20,00	1,60	2,65	140,86	50	01:56	44a
60,93	51,90	287,30	20,00	1,60	2,65	142,17	100	03:53	45
60,93	47,90	285,30	20,00	1,60	2,65	143,42	100	03:55	45a
60,93	52,00	284,30	20,00	1,60	2,65	140,23	25	00:58	46
60,93	48,00	282,30	20,00	1,60	2,65	141,48	25	00:58	46a
60,93	51,50	287,90	20,00	1,60	2,65	142,80	125	04:53	47
60,93	52,50	286,70	20,00	1,60	2,65	141,42	125	04:50	47a

Vaadates erinevate energiahulkadega vabastatud materjali C ja N sisaldusi, ei olnud erinevus väga suur (mõlemal alla 0,5 %). Samas saagise lahtris on näha suuremaid kõikumisi, kus energiaga 50 ja 100 J/mL-ga sai üle poole rohkem saagist kui energiatega 25 või 125 J/mL.

Tabel 7. Häädemeeste mulla OLF fraktsiooni keskmised tulemused

Proov	Energia	Tühi kaal (g)	Kokku (g)	Saagis (mg)	C (%)	N (%)
PRE (46+46a)	25	10,4800	10,5081	28,05	37,78	2,86
PRE (44+44a)	50	10,4049	10,5274	122,5	37,84	2,54
PRE (45+45a)	100	10,4742	10,7684	294,2	38,10	2,51
PRE (47+47a)	125	10,4706	10,5144	43,75	37,80	2,61

Vaadates C % ja N % koguseid, ei ole protsentide vahe väga suur (mõlemal alla 0,5 %). Samas saagise lahtris on näha suuremaid kõikumisi, kus energiaga 50 ja 100 J/mL-ga saab üle poole rohkem saagist kui energiatega 25 või 125 J/mL.

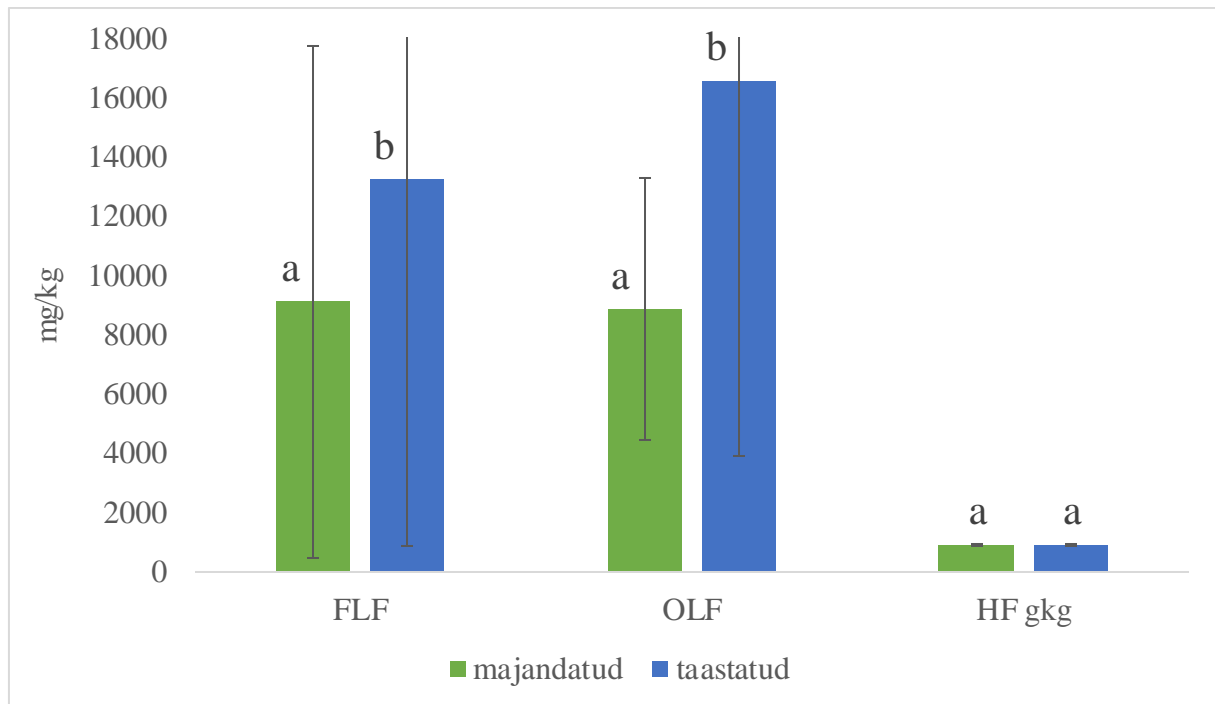


Joonised 10. Saagise kogus (mg) , süsiniku- ja lämmastikusisaldused (%) OLF fraktsioonides vastavalt katsetatud sonikeerimisenergiatele

3.2.2. Orgaanilise aine fraktsioonide ja süsiniku jaotus proovialade mullas ja majandamise mõju

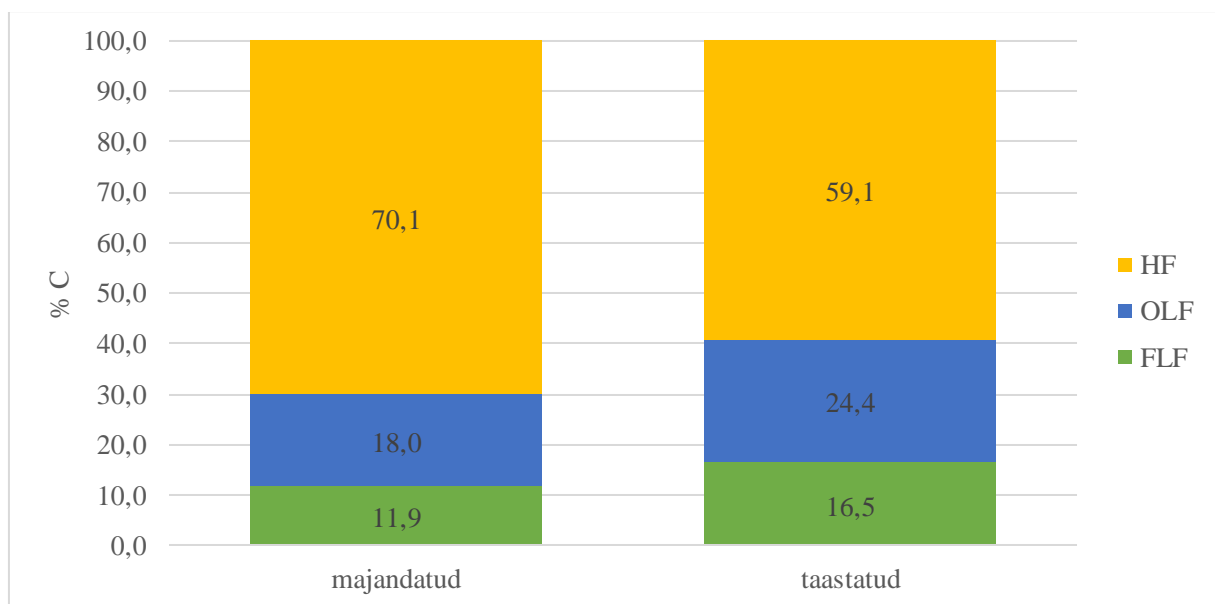
Mullaproovidest õnnestus fraktsioneerimise saagisena kätte saada keskmiselt 94,4 % orgaanilisest ainest. Fraktsioonides sisalduva süsinikuna kokku õnnestus saagisena saada keskmiselt 88,0 % mullas sisalduvast orgaanilisest üldsüsinikust.

Võrreldes majandatud aladega oli taastatud aladel suurem kergete fraktsioonide (FLF, OLF) sisaldus orgaanilises aines ja tulemus oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$, Kruskal-Wallise test) (joonis 11). Väga väike ja mitteoluline erinevus oli FLF ja OLF fraktsioonide sisalduste vahel majandamisviisiti. Raske fraktsiooni (HF) tulemused olid sarnased nii majandatud kui taastatud alade proovides.



Joonis 11. Keskmised fraktsioonide saagised majandatud ja taastatud aladel, HF ühikuks on g/kg (vearibad tähistavad standardhälbeid). Tähed esitavad Kruskal-Wallise testi tulemusi ($p < 0,05$)

Süsiniku protsentuaalne jaotus mulla orgaanilise aine fraktsioonides on näidatud joonisel 12. Süsiniku oli kõige suurem majandatud aladel mullamineraalidega seotud raskes fraktsioonis ($p < 0,05$) ja taastatud aladel kergetes fraktsioonides kokku (FLF+OLF).



Joonis 12. Süsiniku protsentuaalne jaotus mulla orgaanilise aine fraktsioonides

Orgaanilise aine fraktsioonide võrdlus vastavalt majandamisviisile, proovi asendile transektil ja prooviala kaupa on esitatud tabelis 8 ja detailsed erinevused keskmiste väärtuste vahel tabelis 9.

Majandamisviis oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$) orgaanilise aine kerge fraktsiooni (FLF, OLF ja FLF + OLF summaarse fraktsiooni (LF) ja ei ole mineraalidega seotud fraktsiooni (HF) puhul (tabel 8, 9). Taastatud aladel oli kerget orgaanilist ainet (FLF, OLF) mullas keskmiselt rohkem kui majandatud aladel (joonis 11). Sarnaselt oli taastatud alade kerge fraktsiooni süsinikusisaldus nii mullas (joonis 12) kui mulla orgaanilises aines taastatud aladel kõrgem kui majandatud aladel. Golchin *et al.* (1994a) väitis, et orgaanilise aine sulustumine agregaatidesse pidurdab selle kiiret lagunemist ja see on üheks mulla orgaanilise aine stabiilsuse otsustavaks teguriks. Waters & Oades (1991) näitasid oma töös, et taimejäänuste seostumine mineraalsete osakeste on oluline mehhanism mulla agregaatide moodustumisel ja stabiliseerumisel.

Süsiniku ja lämmastiku suhe (C/N) oli statistiliselt oluliselt suurem taastatud rannaniitude mulla orgaanilise aine kergetes fraktsioonides, ulatudes 40,1 FLF-is ja 20,5-ni OLF-s võrreldes majandatud niitudel vastavate väärtustega 25,9 (FLF) ja 16,5 (OLF). Kestev majandamine on tõenäoliselt soodustanud mulla orgaanilise süsiniku stabiliseerumist, millele viitab mineraalidega seotud fraktsiooni suurem osakaal võrreldes lühemat aega majandatud ehk taastatud aladel (joonis 14). Sellist tulemust kinnitavad ka Waters & Oades'i (1991) oma artiklis, milles väidetakse, et mida lagunenum on orgaaniline materjal, seda suurem on orgaanilise süsiniku sisaldus.

Proovi ruudu asendi järgi transektil oli kõige rohkem kerget vaba orgaanilist ainet (FLF) merepoolsetes ruutudes ($p < 0,05$) võrreldes transekti kesk- ja maapoolsete ruutudega, mida võib ilmselt seletada näiteks loomade poolt söömata jäetud taimemassiga või aeglasemate taimejäänuste lagunemisega kestvama ülejutuse tingimustes (Astover 2012). Merepoolsetes prooviruutudes oli ka süsiniku osakaal vabas kerges fraktsioonis (FLF) oluliselt suurem kui ülejäänud transekti ruutudel.

Mulla mineraalosaga seotud süsiniku osakaal oli oluliselt suurem transekti keskmistes ja maapoolsetes ruutudes, mis võib viidata kaugemale arenenud lagunemisele ja parematele süsiniku stabiilseerimise tingimustele merest kaugemal. Vastavalt Ward *et al.* (2016) artiklile keskmisest suurem süsiniku kontsentratsioon mullas kaldus olevat mesotroofsetel ja märgadel niitudel 60-100 cm sügavusel. Käesolevas töös jäid sügavused küll 20 cm juurde, kuid tendentsi

oli näha ka tulemustest, et sügavamal, juba raskes mineraalidega seotud osas, oli rohkem süsinikku protsentuaalselt kui kerges fraktsioonis (joonis 12).

Kõikide uuritud tunnuste osas oli proovialade vahel statistiliselt olulised erinevused (tabel 8). Individuaalsed alad olid üksteisega võrreldes tihti väga erinevad (tabel 9), mida võib seletada kohalike geograafiliste, mullastiku, taimestiku ja keskkonnatingimuste varieeruvusega. Antud töös neid põhjuseid detailsemalt ei uuritud.

Tabelist 9 ilmneb, et kestev majandamine soodustas rannaniidu mulla orgaanilise aine ja selles sisalduva süsiniku stabiliseerumist. Taastatud ehk lühemat aega majandatud alade mullad suudavad siduda lühikese ajaga suuremas koguses mulla orgaanilist ainet agregaatidesse (Golchin *et al.* 1994a; Six *et al.* 2002), sest vabas kerges olekus on need kergesti lagundatavad ja tundlikum keskkonnamõjutustele. Janzen *et al.* (1992) oletas oma artiklis, et kerge fraktsioon on heaks labiilse orgaanilise aine näitajaks ja on tundlik intensiivsele majandamisviisidele. Mineraalidega seotud orgaaniline aine on stabiilsem ja vähemtundlikum mõjutustele, kuna selles on vähem lagunevat orgaanilist ainet, mis aitaks kaasa süsiniku emiteerumisele atmosfääri.

Tabel 8. Mulla orgaanilise aine fraktsioonide keskmiste võrdlusel saadud p-väärtused mitteparameetrilisel Kruskal—Wallise dispersioonanalüüsi meetodil

Uuritav tunnus	Majandamis viis	Proovi asend transektil	Prooviala
FLF (g/kg)	0,0298	0,0072	0,0017
OLF (g/kg)	0,0229	0,2025	0,0003
LF (g/kg)	0,0013	0,1994	0,0001
HF (g/kg)	0,2494	0,7124	0,0000
FLF (gC/kg)	0,0221	0,0046	0,0025
OLF (gC/kg)	0,0132	0,1943	0,0001
HF (gC/kg)	0,3359	0,2372	0,0000
FLF (% C)	0,0600	0,0004	0,0001
OLF (% C)	0,0031	0,0873	0,0000
HF (%C)	0,0000	0,0036	0,0000
FLF (gC/kg _{TOC})	0,0117	0,0002	0,0013
OLF (gC/kg _{TOC})	0,0034	0,0179	0,0001

HF (gC/kg _{TOC})	0,4059	0,2889	0,0000
FLF (C/N)	0,0000	0,0239	0,0000
OLF (C/N)	0,0002	0,8970	0,0000
HF (C/N)	0,3578	0,3826	0,0000

Tabel 9. Mulla alumise huumuskihi orgaanilise aine fraktsioonides mõõdetud tunnuste keskmised väärtused ja standardhälbed (sulgudes) majandamisviisi, asukoha transektil ja proovialade kaupa. Mõõtmiste arv majandamisviisidel oli n = 28 (majandatud), n = 14 (taastatud); transekti prooviruutudel vastavalt maapoolsetel n = 12 (maa), keskmistel n = 10 (kesk), merepoolsetel n = 20 (meri) ja proovialadel n = 6 (Pürksi, Tahu, Põgari, Saardu, Haeska 1, Salmi), n = 2 (Haeska 2), n = 4 (Häädemeeste). Faktori mõju tunnustele uuriti Kruskal-Wallise testiga, olulistele erinevustele ($p < 0,05$) rühmakeeskimate vahel on viidatud erinevate tähtedega (a-f)

Uuritav tunnus	Majandamisviis		Proovi asend transektil			Prooviaala							
	Majandatud	taastatud	Maa (1)	Kesk (5)	Meri (9)	Pürksi	Tahu	Põgari	Saardu	Haeska 1	Haeska 2	Salmi	Häädemeeste
FLF (g/kg)	9,12 ^a (8,47)	13,24 ^b (11,76)	9,05 ^{ab} (8,19)	7,23 ^a (9,94)	15,62 ^b (10,64)	16,32 ^b (12,52)	8,49 ^{ab} (4,53)	8,04 ^a (8,90)	12,96 ^b (12,32)	8,37 ^{ab} (9,17)	4,83 ^{ab} (0,32)	3,05 ^a (1,58)	21,93 ^{bc} (4,86)
OLF (g/kg)	8,86 ^a (4,34)	15,51 ^b (12,59)	11,20 ^a (9,59)	11,68 ^a (10,53)	10,37 ^a (4,36)	17,61 ^c (10,66)	8,22 ^a (3,87)	7,83 ^a (4,77)	6,18 ^a (1,80)	6,97 ^a (2,95)	37,17 ^d (1,62)	8,58 ^a (4,25)	14,74 ^b (0,57)
LF (g/kg)	17,99 ^a (12,25)	29,82 ^b (14,17)	20,25 ^a (11,93)	18,92 ^a (16,46)	27,25 ^a (14,30)	36,43 ^b (11,61)	16,71 ^a (8,39)	15,87 ^a (13,60)	19,14 ^a (11,54)	15,34 ^a (11,94)	42,00 ^b (1,94)	11,56 ^a (5,82)	36,66 ^b (4,93)
HF (g/kg)	910,75 ^a (64,21)	911,20 ^a (44,95)	918,33 ^a (47,47)	917,54 ^a (33,69)	893,06 ^a (84,07)	924,15 ^{cd} (16,76)	955,01 ^d (12,83)	922,44 ^{cd} (14,02)	931,59 ^{cd} (18,79)	887,85 ^{bc} (112,54)	811,17 ^a (5,73)	852,51 ^{ab} (14,73)	948,75 ^d (7,83)
FLF (gC/kg)	2,43 ^a (2,09)	3,98 ^b (3,38)	2,74 ^{ab} (2,50)	1,80 ^a (2,18)	4,25 ^b (2,89)	4,69 ^{cd} (3,44)	2,31 ^{abc} (1,15)	1,98 ^{abc} (2,12)	4,01 ^{bcd} (3,77)	2,34 ^{abe} (2,52)	1,74 ^{ab} (0,11)	1,02 ^a (0,51)	5,57 ^{cd} (0,49)
OLF (gC/kg)	3,39 ^a (1,60)	6,41 ^b (5,33)	4,48 ^a (4,09)	4,67 ^a (4,32)	4,02 ^a (1,74)	8,36 ^c (4,36)	3,38 ^a (1,63)	2,82 ^a (1,62)	2,40 ^a (0,51)	2,68 ^a (0,94)	15,76 ^d (0,69)	3,21 ^a (1,52)	5,60 ^b (0,22)
HF (gC/kg)	18,17 ^a (9,64)	15,73 ^a (7,12)	17,49 ^a (8,03)	19,75 ^a (7,62)	15,16 ^a (10,98)	14,99 ^b (4,89)	6,85 ^a (1,28)	28,02 ^{de} (3,72)	13,39 ^b (7,99)	21,82 ^c (6,62)	2,49 ^{cd} (0,18)	10,01 ^{ab} (2,02)	27,20 ^{cd} (0,10)

FLF (% C)	11,89 ^a (10,71)	17,10 ^a (14,67)	12,29 ^b (10,44)	5,52 ^a (4,54)	18,24 ^b (10,29)	17,69 ^c (14,76)	17,37 ^c (4,79)	5,22 ^{ab} (4,89)	19,49 ^c (14,75)	7,28 ^{ab} (6,32)	4,09 ^a (0,21)	6,87 ^{ab} (2,74)	14,55 ^{bc} (0,93)
OLF (% C)	18,02 ^a (8,37)	23,04 ^b (11,24)	17,92 ^a (9,73)	16,15 ^a (10,22)	20,98 ^a (10,31)	28,96 ^c (10,98)	25,64 ^{de} (6,50)	8,07 ^a (3,11)	15,53 ^{bc} (8,88)	10,45 ^{ab} (3,49)	37,08 ^f (1,07)	21,53 ^{cd} (6,94)	14,74 ^{bc} (1,70)
HF (% C)	70,10 ^b (20,14)	59,86 ^a (10,96)	69,78 ^b (13,23)	78,33 ^c (11,38)	60,79 ^a (13,21)	53,35 ^a (6,92)	56,99 ^{ab} (11,26)	86,71 ^d (7,93)	64,97 ^{bc} (13,14)	82,28 ^d (7,42)	58,83 ^{ab} (1,28)	71,61 ^c (9,62)	70,71 ^c (2,32)
FLF (gC/kg _{Troc})	2,83 ^a (2,33)	4,12 ^b (2,81)	2,73 ^a (1,86)	1,91 ^a (2,11)	5,27 ^b (2,78)	4,64 ^{cd} (3,55)	3,43 ^{abcd} (1,95)	2,12 ^{abc} (2,26)	3,95 ^{bcd} (2,01)	2,66 ^{abc} (3,04)	1,80 ^{ab} (0,09)	1,31 ^a (0,65)	5,53 ^d (0,41)
OLF (gC/kg _{Troc})	4,02 ^a (2,04)	7,55 ^b (5,80)	4,87 ^a (4,20)	5,46 ^a (5,54)	5,53 ^a (2,02)	9,38 ^b (5,85)	5,03 ^a (2,78)	3,02 ^a (1,74)	3,76 ^a (2,03)	2,91 ^a (1,24)	16,29 ^c (0,47)	4,10 ^a (1,89)	5,57 ^a (0,21)
HF (gC/kg _{Troc})	20,09 ^a (8,97)	18,36 ^a (7,85)	18,69 ^a (8,19)	21,97 ^a (7,44)	18,85 ^a (10,16)	16,88 ^b (7,48)	9,92 ^a (1,09)	30,08 ^{af} (3,59)	16,82 ^{bc} (8,57)	23,03 ^{cd} (7,18)	25,85 ^{de} (0,56)	12,71 ^{ab} (2,07)	27,02 ^{de} (3,33)
FLF (C/N)	25,89 ^a (8,79)	40,08 ^b (12,63)	32,73 ^a (8,52)	31,19 ^a (18,47)	23,64 ^a (10,48)	43,60 ^d (17,80)	31,37 ^{bc} (4,23)	20,43 ^a (3,53)	36,73 ^{cd} (7,44)	24,72 ^{ab} (5,35)	39,55 ^{cd} (0)	34,44 ^{bd} (9,69)	14,82 ^a (0)
OLF (C/N)	16,48 ^a (3,66)	20,4 ^b (3,38)	17,83 ^a (4,01)	17,77 ^b (5,18)	17,78 ^a (3,07)	22,86 ^c (2,46)	21,30 ^c (2,41)	13,34 ^a (0,40)	17,38 ^b (1,93)	13,70 ^a (0,27)	22,55 ^c (0)	19,03 ^b (2,37)	14,27 ^a (0,68)
HF (C/N)	16,25 ^a (9,90)	14,48 ^a (2,30)	14,50 ^a (2,89)	20,98 ^b (15,26)	13,16 ^a (2,32)	13,85 ^a (1,67)	14,32 ^b (0,14)	26,23 ^a (17,48)	16,40 ^a (0,47)	17,68 ^a (4,16)	10,62 ^a (0)	10,09 ^a (0,31)	11,27 ^a (0,10)

Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli selgitada majandamise kestuse (karjatamise ja niitmise) mõju orgaanilise aine hulga ja omadustele ning selles sisalduva süsiniku stabiilsusele poollooduslike rannaniitude muldades. Maismaa mullas on tohutu süsinikuvaru erinevates vormides, mille seisundist keskkonna muutudes on veel vähe teadmisi. Käesolev töö andis ülevaate kestvalt majandatud ja 10-15 aastat tagasi taastatud Lääne-Eesti rannaniitude kümne ala huumuskihi mullaproovide orgaanilise aine hulgast ja selles sisalduva süsiniku kogusest ning stabiilsusest. Andmed analüüsiti 200 mullaproovi kohta. Mullaproovides määrati pH ja mõõdeti orgaanilise aine, üldsüsiniku ja –lämmastiku sisaldused, eraldati (fraksioneeriti) mulla orgaaniline aine tiheduse alusel ja määrati mulla mehhaaniline koostis.

Võrreldi mulla A ja selle all olevast huumushorisoni lähtekivimiks ülemineku horisonist (AC) orgaanilise aine sisaldusi erinevates majandamistingimustes. Tulemustest selgus, et nii majandatud kui taastatud aladel olid A horisonis olid suuremad orgaanilise aine, süsiniku- ja lämmastiku sisaldused võrreldes AC horisoniga ja taastatud aladel omakorda keskmiselt suuremad orgaanilise aine, süsiniku- ja lämmastiku sisaldused kui majandatud aladel.

Ka alade kaupa eraldi selgusid taastatud alade üldiselt suuremad keskmised väärtused (% LOI, % C, % N). Hinnati orgaanilise aine kerge ja raske fraktsiooni sisaldusi ja omadusi alumises mullakihi majandamise tingimustes. Tulemused näitasid, et kõige rohkem orgaanilist ainet oli kerges fraktsioonis (FLF + OLF), keskmiselt 29,8 g/kg taastatud aladel ning majandatud aladel seevastu 18,0 g/kg kerges fraktsioonis orgaanilist ainet. Raskes fraktsioonis oli orgaanilise aine kogus peaaegu võrdne mõlema majandamisviisi puhul ~911 g/kg kohta. Hinnati ka majandamise kestuse mõju mulla orgaanilise süsiniku stabiilsusele, kus selgus, et mulla orgaanilist süsinikku salvestus kõige rohkem majandatud aladel raskesse mineraalidega seotud fraktsiooni (70,1 %) ja taastatud aladel kergesse (vabasse ja agregaatidesse sulustunud) fraktsiooni (40,1 %). Tulemused lubavad hinnata traditsiooniliste majandamisviiside mõju poollooduslike rannaniitude muldadele keskkonnajätkusuutlikkuse kontekstis. Võib järeldada, et kestav majandamine soodustas mulla orgaanilise aine ja sellega seonduva süsiniku stabiliseerumist, seostumist mulda võib olla aastatuhandeteks.

Summary

The aim of this Master's thesis was to assess the impact of management continuation on the amount and characteristics of soil organic matter and carbon and the stability of carbon in semi-natural coastal soils. Large stocks of carbon are stored in terrestrial soils in various forms (carbon pools), responses of which to changing environment have not been explored enough.

This work aimed at comparing permanently managed and restored (10-15 years ago). Coastal meadows in West-Estonia with respect to their soil organic matter and soil organic carbon contents and stability. Two hundred soil samples, taken from upper and lower humus layers in ten coastal soils, were analysed. The content of organic matter, pH, total carbon and nitrogen were measured, soil organic matter was separated (fractionated) on density basis and soil texture was determined. The contents of organic matter, carbon and nitrogen were significantly higher in upper than in lower humus, and significantly higher ($p < 0,05$) in restored areas compared with continuously managed areas. Comparison amongst sites revealed a trend that restored areas had higher values in general.

Contents of light and heavy fractions organic fraction of organic matter were assessed as well. The results showed that the significantly higher contents of organic matter in light fraction (FLF +OLF) - with an average of 29,8 g/kg – were found in the soils of restored areas compared with the managed areas where the average was 18,0 g/kg. In contrast the contents of organic matter in heavy fractions was almost equal for both management conditions, about ~911 g/kg. The impact of management duration on the stability of organic carbon was assessed. The analysis revealed that soil organic carbon was stored in heavy mineral-associated fraction in managed areas at higher rate (70,1 %) than in restored areas (59,1 %) and in light fraction at higher rate in restored areas (40,1 % vs 29,9 %). Lastly, the effects of management continuation in semi-natural coastal soils were evaluated in the context of environmental sustainability - permanent management favoured stabilization of organic matter and carbon. Under these conditions carbon would be bound in the soil for thousands of years.

Kasutatud kirjandus

1. **Angst, G., Mueller, K. E., Kögel-Knabner, I., Freeman, K. H. & Mueller, C. W.** 2017. Aggregation controls the stability of lignin and lipids in clay sized particulate and mineral associated organic matter. *Biogeochemistry* 132, 307-324.
2. **Astover, A.** 2012. Mullateadus. Õpik kõrgkoolidele. Tartu: Eesti Maaülikool, 486 lk.
3. **Bhattacharya, S.S., Kim, K. H., Das, S., Uchimiya, M., Jeon, B. H., Kwon, E. & Szulejko, J.E.** 2015. A review on the role of organic inputs in maintaining the soil carbon pool of the terrestrial ecosystem. *Journal on Environmental Management* 167, 214-227.
4. **Bohn, H. L.** 1976. Estimate of organic carbon in world soils. *Soil Science Society of America Journal* 40, 468-470.
5. **Cerli, C., Celi, L., Kalbitz, K., Guggenberger, G. & Kaiser, K.** 2011. Separation of light and heavy organic matter fractions in soil – Testing for proper density cut-off and dispersion level. *Geoderma* 170, 403-416.
6. **Christensen, B. T.** 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science* 52, 345-353.
7. CO₂-Earth. 2017. (www) <https://www.co2.earth/> (15.04.2017).
8. **Doetterl, S., Berhe, A. A., Nadeu, E., Wang, Z., Sommer, M. & Fiener P.** 2015. Erosion, deposition and soil carbon: A review of process-level controls, experimental tools and models to address C cycling in dynamic landscapes. *Earth-Science Reviews* 154, 102-122.
9. **Elliott, E. T.** 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal* 50, 627-33.
10. **Eusterhues, K., Rumpel, C., Kleber, M. & Kögel-Knabner, I.** 2003. Stabilisation of soil organic matter by interactions with minerals as revealed by mineral dissolution and oxidative degradation. *Organic Geochemistry* 34, 1591-1600.

11. **Ford, G. W., Greenland, D. J. & Oades, J. M.** 1969. Separation of the light fraction from soils by ultrasonic dispersion in halogenated hydrocarbons containing a surfactant. *Journal of Soil Science* 20, 291-296.
12. **Golchin, A., Oades, J. M., Skjemstad, J. O. & Clarke, P.** 1994a. Soil Structure and Carbon Cycling. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 1043-1668.
13. **Golchin, A., Oades, J. M., Skjemstad, J. O. & Clarke, P.** 1994b. Study of Free and Occluded Particulate Organic Matter in Soils by Solid state ¹³C CP/MAS NMR Spectroscopy and Scanning Electron Microscopy. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 285-309.
14. **Gustafsson, Ö., Haghseta, F., Chan, C., Macfarlane, J. & Gschwend, P. M.** 1997. Quantification of the dilute sedimentary soot phase: implications for PAH speciation and bioavailability. *Environmental Science and Technology* 31 (1), 203-209.
15. **Janzen, H. H., Campbell, C. A., Brandt, S. A., Lafond, G. P. & Townley-Smith, L.** 1992. Light fraction organic matter in soils from longterm crop rotations. *Soil Science Society of America Journal* 56, 1799-1806.
16. **Kaiser, M. & Berthe, A. A.** 2014. How does sonication affect the mineral and organic constituents of soil aggregates? - A review. *Journal Plant Soil Science* 177, 479-495.
17. Keskkonnaagentuur. 2010. Matsalu rahvuspark. (www) http://loodus.keskkonnainfo.ee/eelis/default.aspx?state=17;572247461;est;eelisand;;&comp=objresult=ala&obj_id=2405 (02.05.2017).
18. **Kose, M.** 2002. Lihad ja rannaniidud: inimese loodud elupaigad, inimese kaitsta linnupaigad. Greif. Tartu. 8 lk.
19. **Kose, M., Merivee, M. & Reinloo A.** 2011. 15 aastat rannaniitude looduskaitselist hooldust Eestis. *Eesti Loodus* 2011/01 (www) http://www.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/artikkel3659_3636.html (28.03.17).
20. **Kuresoo, R.** 1998. Ramsari konventsioon ja rahvusvahelise tähtsusega märgalad Eestis. Eesti Looduse Fond. Tõravere trükikoda. Tallinn. 31 lk.

21. **Lal, R.** 2010. Developments and Innovation in Carbon Dioxide (Co₂) Capture and Storage Technology: Terrestrial sequestration of carbon dioxide (CO₂). USA: *Woolhead Publishing Limited*, 271-303.
22. **Leibak, E. & Lutsar, L.** 1996. Eesti ranna- ja luhiidud. Kirjameeste kirjastus. Tallinn. 247 lk.
23. **Lim, B. & Cachier, H.** 1996. Determination of black carbon by chemical oxidation and thermal treatment in recent marine and lake sediments and Cretaceous Tertiary clays. *Chemical Geology* 131, 143-154.
24. **Lotman, A.** 1996. Rannaniidud. *Keskkonnajuht* 2/96. Eesti Roheline Liikumine. Tartu.
25. **Lotman, S.** 2011. Rannaniitude hoolduskava. (www) https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/public/PLK/Lisa_1_Rannaniitude_hoolduskava_2011.pdf (28.04.2017)
26. **Lupi, C., Morin, H., Deslauriers, A., Rossi, S. & Houle, D.** 2013. Role of soil nitrogen for the conifers of the boreal forest: a critical review. *International Journal of Plant & Soil Science* 2, 155-189.
27. **Ma, K., Liu, J., Balkovič, J., Skalsky, R., Azevedo, L. B. & Kraxner, F.** 2016. Changes in soil organic carbon stocks of wetlands on China's Zoige plateau from 1980 to 2010. *Ecological Modelling* 327, 18-28.
28. **Mitra, S., Wassman, R., Vlek, P. L. G.** 2005. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Current Science* 88, 2535.
29. NASA GISS (NASA Goddard Institute for Space Studies) (n.d.). GISS Surface Temperature Analysis. 2010. <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/> (19.03.2017)
30. **Oades, J. M. & Ladd, J. N.** 1977. Biochemical properties: carbon and nitrogen metabolism. In 'Soil Factors in Crop Production in a Semi-arid Environment' (J. S. Russel & E. L. Greacen). Queensland: University of Queensland Press, pp 127-162.
31. **Osman, K. T.** 2013. Forest Soils: Properties and Management. Springer Science & Business Media.

32. **Plante, A. F., Conant, R. T., Paul, E. A., Paustian, K. & Six, J.** 2006. Acid hydrolysis of easily dispersed and microaggregate-derived silt- and clay-sized fractions to isolate resistant soil organic matter. *European Journal of Soil Science* 57, 456-467.
33. Keskkonnainvesteeringute Keskus. 2014. PLK taastamisedukuse hindamise aruanne Tartu. (www) <https://www.kik.ee/sites/default/files/5682.pdf> (02.05.2017).
34. **Post, W. M. & Kwon, K. C.** 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* 6, 317-328.
35. Pärändkoosluste Kaitse Ühing (PKÜ). 2017. Rannaniidud. (www) http://www.pkyy.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=16 (23.03.2017)
36. Ramsar. 2017. (www) www.ramsar.org (28.04.2017)
37. **Rannap, R., Briggs, L., Lotman, K., Lepik, I. & Rannap, V.** 2005. Rannaniitude hooldus. LIFE-Nature projekt „Rannaniitude kaitse korraldamine Eestis“ 2001-2004 Keskkonnaministeerium. Tallinn. Lk 8-25.
38. **Renou-Wilson, F., Müller, C., Moser, G. & Wilson, D.** 2016. To graze or not to graze? Four years greenhouse gas balances and vegetation from drained and rewetted organic soil under grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 222, 156-170.
39. **Richie, G. S. P. & Dolling P. J.** 1985. The Role of Organic Matter in Soil Acidification. *Australian Journal of Soil Research* 23 (4), 569-576
40. **Roosaluste, E., Tomson, P. & Meriste M.** 2007. Märgade niitude kaitsest. Riiklik Looduskaitsekeskus. Tallinn. Lk 10-11.
41. **Rubey, W. W.** 1951. Geologic history of sea water – an attempt to state the problem. *Geological Society of America Bulletin* 62, 1111-1147.
42. **Sammul, M., Kauer, K. & Köster T.** 2012. Biomass accumulation during reed encroachment reduces efficiency of restoration of Baltic coastal grasslands. *Applied Vegetation Science* 15, 219-230.

43. **Scharlemann, J. P. W., Tanner, E. V. J., Hiederer, R. & Kapos, V.** 2014. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management* 5(1), 81-91.
44. **Schmidt, M. W. I., Rumpel, C. & Kügel-Knabner, I.** 1999. Evaluation of an ultrasonic dispersion procedure to isolate primary organomineral complexes from soil. *European Journal of Soil Science* 50, 87-94.
45. **Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A. & Paustian, K.** 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter : Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil* 241, 155-176.
46. **Sohi, S. P., Mahieu, N., Arah, J. R. M., Powlson, D. S., Madri, B. & Gaunt, J. L.** 2001. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Science Society of America Journal* 65, 1121-1128.
47. **Sollins, P., Homann, P., Caldwell, B. A.** 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter. *Geoderma* 74, 65-105.
48. **Song, J. Z., Peng, P. A. & Huang, W. L.** 2002. Black carbon and kerogen in soils and sediments. 1. Quantification and characterization. *Environmental Science and Technology* 36 (18), 3960-3967.
49. **Song, Y. Y., Song, C. C., Yang, G. S., Miao, Y. Q., Wang, J. Y. & Guo, Y. D.** 2012. Changes in labile organic carbon fractions and soil enzyme activities after marshland reclamation and restoration in the Sanjiang Plain in Northeast China. *Environmental Management* 50 (3), 418-426.
50. **Stevenson, F. J. & Elliott, E. T.** 1989. Methodologies for assessing the quantity and quality of soil organic matter. In 'Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems'. (Eds D. C. Colman, J. M. Oades and G. Uehara). University of Hawaii Press: Honolulu. pp. 173-99.
51. **Zhang, M. K. & He, Z. L.** 2004. Long-term changes in organic carbon and nutrients of an ultisol under rice cropping in southeast China. *Geoderma* 118, 167-179.

52. **Torn, M. S., Trumbore, S. E. & Chadwick, O. A., Vitousek, P. M. & Hendricks, D. M.** 1997. Mineral control of soil organic carbon storage and turnover. *Nature* 389, 170-173.
53. **Trigaler, S., Gabarrón-Galeote, M. A., van Oost, K. & van Wesemael, B.** 2016. Changes in soil organic carbon pools along a chronosequence of land abandonment in southern Spain. *Geoderma* 268, 14-21.
54. **TC-Tungsten Compounds.** 2017. (www) <http://www.heavy-liquid.com/> (04.05.2017)
55. **Valker, M.** 2012. Noarootsi valla vaatamisväärsused. Ecoprint. Noarootsi. 94 lk.
56. **von Lützow, M., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggensberger, G., Marschner, B. & Flessa, H.** 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions— a review. *European Journal and Soil Science* 57 (4), 426-445.
57. **von Lützow, M., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Flessa, H., Guggensberger, G., Matzner, E. & Marschner, B.** 2007. SOM fractionation methods: relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. *Soil Biology and Biochemistry* 39(9), 2183-2207.
58. **Wang, Q., Zhang, P. J., Liu, M. & Deng, Z. W.** 2014. Mineral-associated organic carbon and black carbon in restored wetlands. *Soil Biology and Biochemistry* 75, 300-309.
59. **Ward, S. E., Smart, S. M., Quirk, H., Tallwin, J. R. B., Mortimer, S. R., Shiel, R. S., Wilby, A. & Baedgett, R. D.** 2016. Legacy effects of grassland management on soil carbon to depth. *Global Change Biology* 22, 2929-2938.
60. **Waters, A. G., & Oades, J. M.** 1991. Organic matter in water-stable aggregates. In 'Advances in Soil Organic Matter Research. The Impact on Agriculture and the Environment'. (Ed. W. S. Wilson.) Royal Society of Chemistry: Cambridge, pp. 163-74.

LISAD

Lisa 1. Lääne-Eesti rannaniitude mullaproovide andmed

Jrk.nr	Pro nr.	Ala	Majandam.	Ruut	(Hu)- hor tüs, cm	Proovi võtmise sügavus, cm	pH	% LOI	Näid, %	Cäid, %
1	32	Haeska 1	Majandatud	1	0-13	0-13	7,47	11,1607	0,48	7,63
2	226	Haeska 1	Majandatud	1	13-19	13-19	7,77	4,2457	0,14	2,36
3	117	Haeska 1	Majandatud	3	0-9	0-9	7,44	14,3388	0,49	6,15
4	303	Haeska 1	Majandatud	5	0-8	0-8	7,47	12,1483	0,39	5,30
5	97	Haeska 1	Majandatud	7	0-7	0-7	7,31	14,1051	0,54	6,37
6	68	Haeska 1	Majandatud	9	0-6	0-6	6,93	20,3176	0,81	10,61
7	79	Haeska 1	Majandatud	12	0-5	0-5	7,13	17,2025	0,63	7,52
8	18	Haeska 1	Majandatud	12	5-13	5-13	7,81	3,7747	0,10	1,95
9	53	Haeska 1	Majandatud	14	0-5	0-5	6,72	30,0455	1,05	11,48
10	133	Haeska 1	Majandatud	14	5-15	5-15	7,65	5,0936	0,16	2,44
11	293	Haeska 1	Majandatud	16	0-9	0-5	6,92	25,7727	0,95	11,31
12	298	Haeska 1	Majandatud	16	0-9	6-9	7,08	11,2612	0,40	4,55
13	119	Haeska 1	Majandatud	16	9-19	9-19	7,81	4,0935	0,09	1,92
14	51	Haeska 1	Majandatud	18	0-10	0-5	7,13	21,1515	0,71	8,57
15	272	Haeska 1	Majandatud	18	0-10	5-10	7,39	13,0181	0,48	5,74
16	243	Haeska 1	Majandatud	18	10-...	10-20	7,76	4,7922	0,12	2,21
17	124	Haeska 1	Majandatud	20	0-6	0-6	7,26	20,8654	0,65	9,16
18	316	Haeska 1	Majandatud	20	6-17	6-17	7,46	9,6689	0,31	4,29
19	48	Haeska 2	Taastatud	1	0-9	0-9	6,04	57,5164	1,59	24,35
20	312	Haeska 2	Taastatud	1	9-25	9-25	5,62	9,2513	0,31	3,54
21	35	Haeska 2	Taastatud	3	0-9	0-9	6,27	49,0842	1,49	18,68
22	282	Haeska 2	Taastatud	3	9-21	9-21	6,40	10,7959	0,36	4,39
23	292	Haeska 2	Taastatud	5	0-8	0-8	6,30	39,2228	1,19	16,36
24	42	Haeska 2	Taastatud	5	8-18	8-18	6,08	11,8214	0,41	4,98
25	304	Haeska 2	Taastatud	7	0-10	0-10	5,41	48,0593	1,64	20,02
26	208	Haeska 2	Taastatud	7	10-28	10-28	5,39	9,9618	0,35	4,20
27	320	Haeska 2	Taastatud	9	0-7	0-7	4,04	60,1886	1,95	23,34
28	283	Haeska 2	Taastatud	9	7-15	7-15	5,04	8,9146	0,28	3,43
29	114	Haeska 2	Taastatud	12	0-9	0-9	5,11	57,0382	1,94	24,18
30	122	Haeska 2	Taastatud	12	9-...	9-22	5,50	11,8427	0,39	4,82
31	278	Haeska 2	Taastatud	14	0-9	0-9	5,68	44,8216	1,42	15,74
32	90	Haeska 2	Taastatud	14	9-13	9-13	5,34	21,3079	0,70	8,31
33	37	Haeska 2	Taastatud	14	13-22	13-22	6,12	9,4623	0,30	3,78
34	285	Haeska 2	Taastatud	16	0-10	0-10	4,99	58,7358	1,74	22,78
35	260	Haeska 2	Taastatud	16	10-22	10-22	5,36	11,7894	0,41	4,70
36	81	Haeska 2	Taastatud	18	0-9	0-9	5,92	55,3486	1,74	21,30
37	66	Haeska 2	Taastatud	18	9-21	9-21	6,64	7,1054	0,23	2,76
38	78	Haeska 2	Taastatud	20	0-9	0-9	5,54	54,5402	1,75	23,52
39	299	Haeska 2	Taastatud	20	9-22	9-22	4,89	11,2948	0,37	4,61
40	72	Haeska 3	Taastatud	1	0-7	0-7	4,98	49,3891	1,48	20,08

41	289	Haeska 3	Taastatud	1	7-15	7-15	5,58	16,0336	0,58	6,45
42	262	Haeska 3	Taastatud	3	0-7	0-7	5,46	61,4118	1,93	26,08
43	328	Haeska 3	Taastatud	3	7-22	7-22	5,85	18,0936	0,69	7,72
44	63	Haeska 3	Taastatud	5	0-9	0-9	5,24	45,0291	1,46	18,08
45	329	Haeska 3	Taastatud	5	9-16	9-16	5,26	19,9819	0,77	8,60
46	58	Haeska 3	Taastatud	7	0-8	0-8	5,67	50,2454	1,63	19,38
47	279	Haeska 3	Taastatud	7	8-18	8-18	5,77	14,1996	0,42	5,72
48	88	Haeska 3	Taastatud	9	0-7	0-7	5,44	54,5489	1,72	21,27
49	311	Haeska 3	Taastatud	9	7-22	7-22	5,57	16,2091	0,52	6,76
50	108	Haeska 3	Taastatud	12	0-13	0-7	5,15	70,4934	2,07	34,29
51	297	Haeska 3	Taastatud	12	0-13	7-13	5,18	25,5114	0,85	11,19
52	308	Haeska 3	Taastatud	12	13-23	13-23	6,17	6,3363	0,15	2,44
53	310	Haeska 3	Taastatud	14	0-6	0-6	5,37	62,1172	1,94	25,42
54	284	Haeska 3	Taastatud	14	6-16	6-16	5,65	14,8462	0,47	6,01
55	274	Haeska 3	Taastatud	16	0-8	0-8	5,17	65,6969	1,85	24,91
56	268	Haeska 3	Taastatud	16	8-11	8-11	4,91	16,1874	0,54	6,84
57	266	Haeska 3	Taastatud	18	0-11	0-6	5,55	44,1529	1,40	20,16
58	318	Haeska 3	Taastatud	18	0-11	6-11	5,60	17,3308	0,60	7,80
59	323	Haeska 3	Taastatud	18	11-20	11-20	5,94	11,9007	0,36	5,35
60	276	Haeska 3	Taastatud	20	0-9(11)	0-9(11)	5,42	58,1013	1,59	24,52
61	288	Haeska 3	Taastatud	20	9(11)-22	9(11)-22	5,24	12,2352	0,41	5,96
62	2	Häädemeeste	Majandatud	1	0-17	0-8	4,82	25,2964	0,79	9,49
63	73	Häädemeeste	Majandatud	1	0-17	8-17	4,54	7,8194	0,28	3,49
64	101	Häädemeeste	Majandatud	3	0-13	0-6	4,75	36,1912	1,17	13,34
65	22	Häädemeeste	Majandatud	3	0-13	6-13	4,35	12,5218	0,47	5,81
66	113	Häädemeeste	Majandatud	5	0-11	0-4?	4,90	39,7711	1,35	15,90
67	21	Häädemeeste	Majandatud	5	0-11	4-11	4,44	10,7460	0,33	4,66
68	107	Häädemeeste	Majandatud	7	0-13	0-5	5,28	22,7728	0,76	8,50
69	104	Häädemeeste	Majandatud	7	0-13	5-13	4,88	8,5316	0,31	4,13
70	110	Häädemeeste	Majandatud	9	0-36	0-8	4,35	57,8027	2,03	27,51
71	25	Häädemeeste	Majandatud	9	0-36	8-16	4,38	51,7614	2,07	21,80
72	26	Häädemeeste	Majandatud	9	0-36	16-36?	4,76	27,7788	1,23	11,81
73	24	Häädemeeste	Majandatud	12	0-17	0-3	4,49	29,3540	1,05	12,11
74	74	Häädemeeste	Majandatud	12	6-17	3-17	4,20	5,4664	0,23	3,48
75	40	Häädemeeste	Majandatud	14	0-15	0-9	4,52	46,5127	1,75	18,87
76	23	Häädemeeste	Majandatud	14	0-15	9-16	4,49	39,3339	1,45	14,78
77	109	Häädemeeste	Majandatud	16	0-13	0-7	5,05	29,1948	1,07	11,73
78	38	Häädemeeste	Majandatud	16	0-13	7-13	4,69	12,8334	0,48	6,33
79	39	Häädemeeste	Majandatud	18	0-16	0-7	5,35	24,6536	0,84	9,90
80	106	Häädemeeste	Majandatud	18	0-16	7-16	5,32	12,2468	0,50	5,73
81	1	Häädemeeste	Majandatud	20	0-17	0-6	4,79	20,0507	0,78	8,89
82	36	Häädemeeste	Majandatud	20	0-17	6-17	4,49	11,4559	0,46	5,65
83	95	Piirumi II	Taastatud	1	0-16	0-6	6,34	26,2243	1,16	12,72
84	17	Piirumi II	Taastatud	1	0-16	6-16	6,74	11,4632	0,59	6,20
85	19	Piirumi II	Taastatud	3	0-16	0-6	6,84	25,4650	0,88	9,48
86	76	Piirumi II	Taastatud	3	0-16	6-16	7,07	9,6694	0,42	4,82

87	103	Piirumi II	Taastatud	5	0-18	0-8	6,88	24,6878	1,01	11,16
88	77	Piirumi II	Taastatud	5	0-18	8-18	7,05	14,9936	0,56	6,76
89	46	Piirumi II	Taastatud	7	0-12	0-12	7,14	13,5100	0,53	6,55
90	112	Piirumi II	Taastatud	9	0-19	0-9	6,89	21,1112	0,79	9,04
91	89	Piirumi II	Taastatud	9	0-19	9-19	6,63	19,2930	0,80	9,49
92	228	Piirumi II	Taastatud	12	0-30(38)	0-18	6,85	36,1202	1,49	16,04
93	27	Piirumi II	Taastatud	12	0-30(36)	18-30(36)	6,60	23,8073	1,04	10,33
94	239	Piirumi II	Taastatud	14	0-24	0-10	6,10	43,3828	2,05	20,31
95	100	Piirumi II	Taastatud	14	0-24	10-24	6,22	10,6630	0,53	6,16
96	98	Piirumi II	Taastatud	16	0-14	0-14	6,90	13,1823	0,49	5,65
97	102	Piirumi II	Taastatud	18	0-7	0-7	6,97	27,4253	1,07	11,33
98	225	Piirumi II	Taastatud	18	7-17	7-17	7,26	5,5631	0,25	3,23
99	75	Piirumi II	Taastatud	20	0-17	0-9	6,97	16,4428	0,72	8,20
100	99	Piirumi II	Taastatud	20	0-17	9-17	7,14	11,8587	0,43	5,98
101	61	Põgari	Majandatud	1	0-9	0-9	6,65	32,5319	1,20	12,80
102	142	Põgari	Majandatud	1	9-14	9-14	7,64	5,8232	0,18	3,45
103	67	Põgari	Majandatud	3	0-11	0-11	6,22	52,9414	1,43	16,05
104	144	Põgari	Majandatud	3	11-19	11-19	7,65	3,8482	0,12	2,59
105	65	Põgari	Majandatud	5	0-8	0-8	6,49	38,7503	1,48	16,59
106	143	Põgari	Majandatud	5	8-13	8-13	7,78	3,0235	0,07	2,75
107	60	Põgari	Majandatud	7	0-5	0-5	6,89	38,0605	1,40	16,00
108	162	Põgari	Majandatud	7	5-9	5-9	7,67	5,6477	0,21	4,44
109	71	Põgari	Majandatud	9	0-9	0-9	6,54	39,2590	1,26	15,04
110	175	Põgari	Majandatud	9	9-15	9-15	7,41	8,5397	0,35	4,37
111	41	Põgari	Majandatud	12	0-12	0-6	6,95	20,6405	0,90	11,10
112	132	Põgari	Majandatud	12	0-12	6-12	6,78	18,4355	0,88	8,87
113	57	Põgari	Majandatud	14	0-10	0-10	6,85	16,6243	0,61	7,72
114	64	Põgari	Majandatud	16	0-12	0-6	6,89	28,7622	1,05	12,20
115	91	Põgari	Majandatud	16	0-12	6-12	6,48	26,2017	1,02	11,30
116	69	Põgari	Majandatud	18	0-12	0-6	7,27	12,8196	0,37	6,29
117	215	Põgari	Majandatud	18	0-12	6-12	7,28	14,9363	0,54	6,85
118	59	Põgari	Majandatud	20	0-16	0-8	6,96	36,1427	0,51	6,66
119	93	Põgari	Majandatud	20	0-16	8-16	7,07	17,8915	0,70	7,60
120	92	Pürksi	Taastatud	1	0-9	0-9	5,38	55,1691	1,67	21,48
121	309	Pürksi	Taastatud	1	8-16	8-16	5,67	5,7074	0,15	2,18
122	281	Pürksi	Taastatud	3	0-6	0-6	4,76	57,3688	1,63	22,22
123	52	Pürksi	Taastatud	3	6-12	6-12	4,92	11,6692	0,33	4,92
124	33	Pürksi	Taastatud	5	0-7	0-7	4,91	59,7545	1,73	22,91
125	115	Pürksi	Taastatud	5	7-11	7-11	5,15	12,8812	0,47	6,38
126	319	Pürksi	Taastatud	7	0-8	0-8	4,97	71,0875	1,78	24,46
127	307	Pürksi	Taastatud	7	8-13	8-13	4,94	10,1642	0,31	4,61
128	302	Pürksi	Taastatud	9	0-9	0-9	4,73	66,2450	1,81	26,44
129	270	Pürksi	Taastatud	9	9-15	9-15	4,82	14,9934	0,48	6,85
130	325	Pürksi	Taastatud	12	0-8	0-8	4,88	51,9095	1,54	19,63
131	317	Pürksi	Taastatud	12	8-12	8-12	4,88	22,8623	0,66	10,14
132	56	Pürksi	Taastatud	14	0-8	0-8	4,90	75,4945	1,87	26,27

133	105	Pürksi	Taastatud	14	8-13	8-13	4,74	27,1995	0,93	12,28
134	80	Pürksi	Taastatud	16	0-12	0-12	4,75	54,6861	1,62	22,06
135	322	Pürksi	Taastatud	16	12-15	12-15	5,17	9,4586	0,29	4,52
136	296	Pürksi	Taastatud	18	0-17	0-12	5,63	68,2715	1,83	25,25
137	111	Pürksi	Taastatud	18	0-17	12-17	5,04	25,3853	0,84	10,29
138	294	Pürksi	Taastatud	18	17-22	17-22	5,79	7,0628	0,23	3,08
139	287	Pürksi	Taastatud	20	0-9	0-9	4,73	46,8176	1,34	16,93
140	306	Pürksi	Taastatud	20	9-14	9-14	4,85	6,0365	0,14	2,57
141	31	Saardu	Taastatud	1	0-9	0-7	6,73	21,7780	0,75	8,66
142	261	Saardu	Taastatud	1	9-19	9-19	7,56	7,1843	0,21	3,41
143	301	Saardu	Taastatud	3	0-9	0-6	6,36	15,9191	0,97	7,40
144	324	Saardu	Taastatud	3	0-9	6-9	6,89	7,5683	0,23	3,13
145	217	Saardu	Taastatud	3	9-14	9-14	7,76	3,6970	0,10	1,70
146	70	Saardu	Taastatud	5	0-9	0-9	6,16	10,6371	0,38	4,73
147	269	Saardu	Taastatud	7	0-7	0-7	5,75	20,7581	1,46	19,63
148	244	Saardu	Taastatud	7	7-..	7-..	8,00	23,2739	0,02	1,12
149	271	Saardu	Taastatud	9	0-6	0-6	5,53	43,7212	1,19	15,64
150	280	Saardu	Taastatud	9	6-..	6-..	7,97	2,7029	0,05	2,25
152	84	Saardu	Taastatud	12	0-9	0-6	5,27	64,4949	1,91	27,48
151	82	Saardu	Taastatud	12	0-9	6-9	5,75	20,8558	0,68	9,38
153	28	Saardu	Taastatud	14	0-14	0-8	6,84	12,0638	0,42	5,60
154	295	Saardu	Taastatud	14	0-14	8-14	7,43	6,3444	0,20	2,90
155	30	Saardu	Taastatud	16	0-12	0-12	6,07	26,2584	1,14	12,78
156	83	Saardu	Taastatud	18	0-7	0-7	5,92	48,3429	1,70	21,37
157	321	Saardu	Taastatud	20	0-7	0-7	5,79	42,8422	1,53	19,91
158	315	Saardu	Taastatud	20	7-13	7-13	8,00	2,8977	0,02	1,60
159	85	Saardu	Taastatud	20	13-...	13-20	7,37	3,7397	0,04	0,93
160	263	Salmi	Majandatud	1	0-6	0-6	5,61	45,2439	1,36	17,91
161	127	Salmi	Majandatud	1	6-15	6-15	6,33	6,0923	0,16	2,31
162	96	Salmi	Majandatud	3	0-7	0-7	5,90	32,4272	1,10	13,11
163	47	Salmi	Majandatud	3	7-...	7-15	6,34	6,3025	0,17	2,44
164	131	Salmi	Majandatud	5	0-9	0-9	6,04	18,2732	0,65	7,90
165	173	Salmi	Majandatud	5	9-..	9-20	6,43	4,1905	0,10	1,35
166	29	Salmi	Majandatud	7	0-16	0-8	6,11	12,8382	0,45	5,95
167	300	Salmi	Majandatud	7	8-16	8-16	6,10	16,9431	0,59	8,30
168	290	Salmi	Majandatud	7	16-..	16-..	6,70	4,1347	0,07	1,11
169	129	Salmi	Majandatud	9	0-10	0-10	5,77	39,2395	1,24	18,13
170	327	Salmi	Majandatud	9	10-..	10-20	6,95	5,2779	0,12	1,78
171	44	Salmi	Majandatud	12	0-8	0-4	5,93	41,7667	1,31	16,23
172	43	Salmi	Majandatud	12	0-8	4-8	5,97	21,6259	0,74	8,38
175	164	Salmi	Majandatud	12	8-..	8-20	6,15	8,1965	0,25	2,95
173	55	Salmi	Majandatud	14	0-8	0-4	5,93	33,9036	1,23	12,49
174	94	Salmi	Majandatud	14	0-8	4-8	5,99	17,2945	0,63	7,25
176	207	Salmi	Majandatud	14	8-..	8-20	6,25	5,6380	0,17	2,24
177	62	Salmi	Majandatud	16	0-8	0-4	5,99	33,6238	1,17	12,82
178	305	Salmi	Majandatud	16	0-8	4-8	6,14	19,8028	0,74	8,43

179	149	Salmi	Majandatud	16	8-..	8-20	6,59	4,3449	0,09	1,13
180	54	Salmi	Majandatud	18	0-5	0-5	5,85	37,0600	1,25	14,85
181	161	Salmi	Majandatud	18	5-20	5-20	6,55	4,7050	0,13	1,55
183	49	Salmi	Majandatud	20	0-13	0-6	5,89	50,6822	1,54	19,90
182	45	Salmi	Majandatud	20	0-13	6-13	5,93	19,6619	0,72	8,16
184	314	Tahu	Majandatud	1	0-8	0-8	4,88	55,3429	1,84	24,77
185	326	Tahu	Majandatud	1	A2 8-13	A2 8-13	5,34	2,5530	0,07	1,73
187	34	Tahu	Majandatud	3	0-8	0-8	5,39	64,7251	2,16	32,13
188	264	Tahu	Majandatud	3	8-13	13-..	5,36	2,1203	0,05	1,25
190	286	Tahu	Majandatud	5	0-7	0-7	4,98	58,3291	1,87	27,86
192	86	Tahu	Majandatud	9	0-5	0-5	5,03	67,3484	2,10	27,69
194	123	Tahu	Majandatud	12	0-6	0-6	5,32	54,5510	1,75	21,01
195	87	Tahu	Majandatud	12	6-10	6-10	6,28	3,2028	0,08	2,20
197	125	Tahu	Majandatud	14	0-7	0-7	5,34	50,7276	1,78	22,21
198	116	Tahu	Majandatud	14	7-11	7-11	5,30	18,0216	0,56	7,99
199	121	Tahu	Majandatud	14	11-..	11-..	7,01	1,3304	0,02	0,55
200	136	Tahu	Majandatud	16	0-7	0-7	5,74	56,4657	1,94	23,63
202	273	Tahu	Majandatud	16	7-11	7-11	5,86	4,1643	0,10	1,88
203	50	Tahu	Majandatud	18	0-6	0-6	5,59	64,5111	1,87	29,99
204	20	Tahu	Majandatud	18	6-10	6-10	5,56	13,7986	0,49	7,01
206	313	Tahu	Majandatud	20	0-7	0-7	5,02	36,3035	1,06	15,43
207	126	Tahu	Majandatud	20	7-10	7-10	5,72	5,0258	0,14	2,54


Lisa 2. Fraktsioneerimistabel kõikide kaalutud mullaproovide, rakendatud sonikeerimisenergiate, fraktsiooniproovide kaalutiste ja esialgsete arvutustega

Sample					Sonication						FLF							OLF						
Site	Pr. nr	Treatment	cm. layer	Replic.	Tube wt (g)	Sample wt (g)	Total wt (g)	Power (J/s)	Energy (J/ml)	Sonication time (mm:ss)	Tare wt (g)	Total wt (g)	FLF (mg)	FLF (mg/kg)	N (%)	C (%)	C:N	Tare wt (g)	Total wt (g)	OLF (mg)	OLF (mg/kg)	N (%)	C (%)	C:N
Haeska 1	1	maj	0-19	1	47,99	25,00	306,3	60,93	50	2:07	10,4628	-	-	-	-	-	-	10,3767	10,6367	260,0	10400	2,03	36,06	17,8
Haeska 1	1	maj	0-19	1a	52,57	25,00	311,1	60,93	50	2:08	10,5188	-	-	-	-	-	-	10,5746	10,8391	264,5	10580	2,03	36,09	17,8
Haeska 1	2	maj	13-19	2	55,23	25,00	303,6	60,93	50	2:02	10,3701	-	-	-	-	-	-	10,3408	10,4075	66,7	2668	2,30	3,88	1,7
Haeska 1	2	maj	13-19	2a	55,03	25,00	298,7	60,93	50	2:00	10,4778	-	-	-	-	-	-	10,3728	10,4609	88,1	3524	2,30	3,88	1,7
Haeska 1	1	maj	0-19	3	51,84	25,00	310,6	60,93	100	4:15	10,4427	10,8585	415,8	16632	1,31	30,14	23,0	10,4137	10,7485	334,8	13392	2,31	38,01	16,5
Haeska 1	1	maj	0-19	3a	47,88	25,00	307,1	60,93	100	4:16	10,4774	10,9048	427,4	17096	1,31	30,14	23,0	10,5291	10,8215	292,4	11696	2,31	38,01	16,5
Haeska 1	2	maj	13-19	4	51,42	25,00	298,6	60,93	100	4:03	10,4575	10,5163	58,8	2352	3,15	31,70	10,1	10,4346	10,5335	98,9	3956	2,89	40,24	13,9
Haeska 1	2	maj	13-19	4a	52,41	25,00	297,2	60,93	100	4:01	10,2651	10,3137	48,6	1944	3,15	31,70	10,1	10,4557	10,5657	110,0	4400	2,89	40,24	13,9
Haeska 1	1	maj	0-19	5	48,30	25,00	309,9	60,93	150	6:27	10,4605	10,9328	472,3	18892	1,21	28,94	23,9	10,3864	-	-	-	-	-	-
Haeska 1	1	maj	0-19	5a	48,30	25,00	307,8	60,93	150	6:24	10,4162	10,9450	528,8	21152	1,21	28,94	23,9	10,4919	-	-	-	-	-	-
Haeska 1	2	maj	13-19	6	47,90	25,00	295,9	60,93	150	6:06	10,4349	10,4847	49,8	1992	0,85	27,32	32,1	10,5247	10,6805	155,8	6232	2,82	38,97	13,8
Haeska 1	2	maj	13-19	6a	47,90	25,00	296,3	60,93	150	6:07	10,5262	10,5872	61,0	2440	0,85	27,32	32,1	10,2701	10,4458	175,7	7028	2,82	38,97	13,8
Haeska 1	2	maj	13-19	7	47,96	20,00	263,4	60,93	250	8:52	10,4599	10,5000	40,1	2005	0,92	27,65	30,1	10,4848	10,5616	76,8	3840	3,13	41,90	13,4
Haeska 1	2	maj	13-19	7a	52,55	20,00	265,8	60,93	250	8:46	10,5182	10,5693	51,1	2555	0,92	27,65	30,1	10,5680	10,6475	79,5	3975	3,13	41,90	13,4
Haeska 2	21	taas	9-21	8	55,21	25,00	286,1	60,93	50	1:53	10,4649	10,6797	214,8	8592	1,00	31,09	31,1	10,3188	10,8600	541,2	21648	1,73	38,64	22,3
Haeska 2	21	taas	9-21	8a	55,02	25,00	309,9	60,93	50	2:06	10,4587	10,6797	221,0	8840	1,00	31,09	31,1	10,3683	10,8796	511,3	20452	1,73	38,64	22,3
Haeska 2	21	taas	9-21	9	51,85	25,00	307,0	60,93	100	4:12	10,4312	10,5599	128,7	5148	0,91	35,99	39,5	10,4045	11,3742	969,7	38788	1,88	42,40	22,6
Haeska 2	21	taas	9-21	9a	47,88	25,00	302,8	60,93	100	4:11	10,4792	10,5920	112,8	4512	0,91	35,99	39,5	10,5270	11,4156	888,6	35544	1,88	42,40	22,6
Haeska 2	21	taas	9-21	10	51,41	25,00	307,2	60,93	150	6:18	10,4610	10,5832	122,2	4888	0,90	34,46	38,3	10,4333	11,3079	874,6	34984	1,83	43,77	23,9
Haeska 2	21	taas	9-21	10a	52,41	25,00	307,8	60,93	150	6:18	10,2660	10,3948	128,8	5152	0,90	34,46	38,3	10,4587	11,2404	781,7	31268	1,83	43,77	23,9
Häädemeeste	63	maj	8-17	11	47,97	20,00	293,7	60,93	50	2:02	10,4659	13,6282	3162,3	158115	1,18	14,55	12,3	10,4915	-	-	-	-	-	-

Häädemeeste	63	maj	8-17	11a	52,55	20,00	298,6	60,93	50	2:02	10,5188	12,6627	2143,9	107195	1,18	14,55	12,3	10,5691	-	-	-	-	-	-
Häädemeeste	63	maj	8-17	12	55,21	20,00	299,7	60,93	100	4:03	10,4647	13,9064	3441,7	172085	1,20	15,15	12,6	10,3267	-	-	-	-	-	-
Häädemeeste	63	maj	8-17	12a	55,02	20,00	300,4	60,93	100	4:04	10,4620	13,1060	2644,0	132200	1,20	15,15	12,6	10,3795	-	-	-	-	-	-
Häädemeeste	63	maj	8-17	13	51,84	20,00	298,7	60,93	50	2:03	10,5210	10,8278	306,8	15340	2,05	29,90	14,6	10,4083	10,5505	142,2	7110	2,69	37,27	13,9
Häädemeeste	63	maj	8-17	13a	47,89	20,00	297,9	60,93	50	2:04	10,4808	10,8459	365,1	18255	2,05	29,90	14,6	10,5265	10,6742	147,7	7385	2,69	37,27	13,9
Häädemeeste	63	maj	8-17	14	51,41	20,00	300,8	60,93	100	4:08	10,4618	10,7989	337,1	16855	2,00	29,65	14,8	10,5034	10,8120	308,6	15430	2,80	38,22	13,7
Häädemeeste	63	maj	8-17	14a	52,40	20,00	296,0	60,93	100	4:02	10,2678	10,6381	370,3	18515	2,00	29,65	14,8	10,4573	10,7390	281,7	14085	2,80	38,22	13,7
Põgari	102	maj	9-14	15	48,38	25,00	296,5	60,93	50	2:02	10,5144	10,5893	74,9	2996	1,16	26,71	23,0	10,5279	10,6839	156,0	6240	2,79	36,89	13,2
Põgari	102	maj	9-14	15a	48,41	25,00	297,8	60,93	50	2:03	10,3752	10,4493	74,1	2964	1,16	26,71	23,0	10,4927	10,6190	126,3	5052	2,79	36,89	13,2
Põgari	102	maj	9-14	16	47,95	25,00	299,0	60,93	100	4:07	10,4347	10,5087	74,0	2960	1,18	26,33	22,3	10,5209	10,7932	272,3	10892	3,02	36,31	12,0
Põgari	102	maj	9-14	16a	47,99	25,00	296,2	60,93	100	4:04	10,5276	10,6039	76,3	3052	1,18	26,33	22,3	10,2710	10,5528	281,8	11272	3,02	36,31	12,0
Häädemeeste	63	maj	8-17	17	51,84	20,00	292,3	60,93	25	1:00	10,5249	11,0325	507,6	25380	2,00	25,89	12,9	10,4083	10,5084	100,1	5005	2,70	35,77	13,2
Häädemeeste	63	maj	8-17	17a	47,89	20,00	288,8	60,93	25	1:00	10,4852	11,2930	807,8	40390	2,00	25,89	12,9	10,5319	10,6255	93,6	4680	2,70	35,77	13,2
Põgari	102	maj	9-14	18	51,42	25,00	299,6	60,93	150	6:07	10,4656	10,5302	64,6	2584	1,10	26,54	24,1	10,4370	10,7503	313,3	12532	3,05	35,99	11,8
Põgari	102	maj	9-14	18a	52,38	25,00	303,1	60,93	150	6:11	10,2693	10,3440	74,7	2988	1,10	26,54	24,1	10,4637	10,7836	319,9	12796	3,05	35,99	11,8
Pürksi	122	taas	8-16	19	48,40	20,00	302,1	60,93	50	2:06	10,5286	10,7263	197,7	9885	0,63	30,45	48,3	10,5382	10,7342	196,0	9800	1,78	39,91	22,4
Pürksi	122	taas	8-16	19a	48,40	20,00	300,7	60,93	50	2:05	10,3958	10,5753	179,5	8975	0,63	30,45	48,3	10,5917	10,7886	196,9	9845	1,78	39,91	22,4
Pürksi	122	taas	8-16	20	4,00	20,00	301,4	60,93	100	4:57	10,4408	10,6533	212,5	10625	0,79	29,90	37,8	10,5226	10,8083	285,7	14285	1,75	40,09	22,9
Pürksi	122	taas	8-16	20a	48,00	20,00	301,1	60,93	100	4:11	10,5351	10,7346	199,5	9975	0,79	29,90	37,8	10,2728	10,5527	279,9	13995	1,75	40,09	22,9
Pürksi	122	taas	8-16	21	51,90	20,00	282,6	60,93	150	5:43	10,5294	10,7419	212,5	10625	0,73	28,89	39,6	10,4119	10,6547	242,8	12140	1,95	41,47	21,3
Pürksi	122	taas	8-16	21a	47,90	20,00	281,1	60,93	150	5:47	10,4834	10,7189	235,5	11775	0,79	28,89	36,6	10,5361	10,7876	251,5	12575	1,95	41,47	21,3
Saardu	142	taas	9-19	22	51,50	25,00	298,1	60,93	50	2:01	10,4682	10,6462	178,0	7120	0,81	31,38	38,7	10,4383	10,7809	342,6	13704	2,41	33,84	14,0
Saardu	142	taas	9-19	22a	52,40	25,00	300,3	60,93	50	2:02	10,2791	10,4636	184,5	7380	0,81	31,38	38,7	10,4677	10,8037	336,0	13440	2,41	33,84	14,0
Saardu	142	taas	9-19	23	48,50	25,00	295,9	60,93	25	1:01	10,5289	10,6778	148,9	5956	0,72	32,35	44,9	10,5344	10,7470	212,6	8504	2,37	35,75	15,1
Saardu	142	taas	9-19	23a	48,50	25,00	296,8	60,93	25	1:01	10,3893	10,5588	169,5	6780	0,72	32,35	44,9	10,5922	10,8080	215,8	8632	2,37	35,75	15,1
Salmi	161	maj	6-15	24	47,90	25,00	296,6	60,93	50	2:02	10,4500	10,5519	101,9	4076	1,10	32,44	29,5	10,5279	10,8442	316,3	12652	2,33	37,02	15,9
Salmi	161	maj	6-15	24a	48,10	25,00	296,6	60,93	50	2:02	10,5347	10,6595	124,8	4992	1,10	32,44	29,5	10,2798	10,6110	331,2	13248	2,33	37,02	15,9
Salmi	161	maj	6-15	25	51,90	25,00	300,4	60,93	25	1:01	10,5362	10,5939	57,7	2308	1,09	36,16	33,2	10,4325	10,6393	206,8	8272	2,14	37,41	17,5
Salmi	161	maj	6-15	25a	48,00	25,00	296,7	60,93	25	1:01	10,4898	10,5564	66,6	2664	1,09	36,16	33,2	10,5505	10,7708	220,3	8812	2,14	37,41	17,5
Tahu	186	maj	8-13	26	51,50	25,00	298,6	60,93	50	2:02	10,4712	10,5734	102,2	4088	0,78	34,16	43,8	10,4412	10,6605	219,3	8772	1,57	40,24	25,6
Tahu	186	maj	8-13	26a	52,50	25,00	298,8	60,93	50	2:01	10,2809	10,3793	98,4	3936	0,78	34,16	43,8	10,4730	10,6848	211,8	8472	1,57	40,24	25,6
Tahu	186	maj	8-13	27	48,50	25,00	293,5	60,93	100	4:01	10,4711	10,6527	181,6	7264	0,87	29,41	33,8	10,4874	10,6834	196,0	7840	1,74	40,32	23,2
Tahu	186	maj	8-13	27a	48,30	25,00	292,4	60,93	100	4:00	10,5274	10,7243	196,9	7876	0,87	29,41	33,8	10,5805	10,7786	198,1	7924	1,74	40,32	23,2

Haeska 1	13	maj	9-19	28	48,00	25,00	292,6	60,93	50	2:00	10,3633	10,4197	56,4	2256	1,24	29,48	23,8	10,3227	10,4837	161,0	6440	2,63	37,76	14,4
Haeska 1	13	maj	9-19	28a	48,10	25,00	291,7	60,93	50	2:00	10,4706	10,5240	53,4	2136	1,24	29,48	23,8	10,3740	10,5322	158,2	6328	2,63	37,76	14,4
Tahu	186	maj	8-13	29	52,00	20,00	261,1	60,93	150	5:10	10,5366	10,6507	114,1	5705	0,69	32,99	47,8	10,4119	10,5482	136,3	6815	1,78	43,56	24,5
Tahu	186	maj	8-13	29a	48,00	20,00	260,9	60,93	150	5:15	10,4845	10,5860	101,5	5075	0,69	32,99	47,8	10,5322	10,6583	126,1	6305	1,78	43,56	24,5
Haeska 1	13	maj	9-19	30	51,50	20,00	261,5	60,93	100	3:27	10,4710	10,4966	25,6	1280	1,23	31,78	25,8	10,4458	10,5587	112,9	5645	2,75	40,58	14,8
Haeska 1	13	maj	9-19	30a	52,50	20,00	261,8	60,93	100	3:27	10,2725	10,3033	30,8	1540	1,23	31,78	25,8	10,4738	10,5921	118,3	5915	2,75	40,58	14,8
Tahu	186	maj	8-13	31	48,40	25,00	294,6	60,93	200	8:05	10,5188	10,6769	158,1	6324	0,73	31,08	42,6	10,5297	10,6697	140,0	5600	2,05	43,62	21,3
Tahu	186	maj	8-13	31a	48,40	25,00	293,2	60,93	200	8:02	10,3772	10,5131	135,9	5436	0,73	31,08	42,6	10,5971	10,7452	148,1	5924	2,05	43,62	21,3
Haeska 1	13	maj	9-19	32	48,00	25,00	293,2	60,93	150	6:02	10,4355	10,4887	53,2	2128	1,17	30,60	26,2	10,5235	10,6945	171,0	6840	2,91	40,76	14,0
Haeska 1	13	maj	9-19	32a	48,10	25,00	290,4	60,93	150	5:58	10,5283	10,5875	59,2	2368	1,17	30,60	26,2	10,3009	10,4496	148,7	5948	2,91	40,76	14,0
Põgari	106	maj	8-13	33	52,00	25,00	292,3	60,93	50	1:58	10,5306	10,5669	36,3	1452	0,79	26,51	33,6	10,4230	10,4818	58,8	2352	2,97	36,37	12,2
Põgari	106	maj	8-13	33a	48,00	25,00	288,4	60,93	50	1:58	10,4851	10,5271	42,0	1680	0,79	26,51	33,6	10,5402	10,6012	61,0	2440	2,97	36,37	12,2
Tahu	190	maj	7-20	34	51,50	25,00	292,2	60,93	50	1:58	10,4667	10,5223	55,6	2224	1,41	25,94	18,4	10,4522	10,4646	12,4	496	-	-	-
Tahu	190	maj	7-20	34a	52,50	25,00	291,9	60,93	50	1:58	10,2755	10,3071	31,6	1264	1,41	25,94	18,4	10,4731	10,4928	19,7	788			-
Põgari	106	maj	8-13	35	48,40	25,00	290,7	60,93	100	3:58	10,4665	10,5070	40,5	1620	1,19	26,81	22,5	10,4011	10,4864	85,3	3412	2,92	37,84	13,0
Põgari	106	maj	8-13	35a	48,40	25,00	291,7	60,93	100	3:59	10,4202	10,4570	36,8	1472	1,19	26,81	22,5	10,4974	10,6008	103,4	4136	2,92	37,84	13,0
Tahu	190	maj	7-20	36	47,90	25,00	288,6	60,93	100	3:57	10,4381	10,4740	35,9	1436	0,08	7,46	93,3	10,5874	10,6281	40,7	1628	-	-	-
Tahu	190	maj	7-20	36a	48,00	25,00	288,4	60,93	100	3:56	10,5429	10,8609	318,0	12720	0,08	7,46	93,3	10,5206	10,6035	82,9	3316			-
Põgari	106	maj	8-13	37	51,90	25,00	294,2	60,93	25	1:00	10,4700	10,4990	29,0	1160	0,50	28,93	57,9	10,3745	10,4090	34,5	1380	-	-	-
Põgari	106	maj	8-13	37a	48,00	25,00	290,0	60,93	25	1:00	10,5241	10,5549	30,8	1232	0,50	28,93	57,9	10,5764	10,6068	30,4	1216			-
Tahu	190	maj	7-20	38	51,50	25,00	290,3	60,93	150	5:52	10,3732	10,3970	23,8	952	1,64	29,39	17,9	10,3301	10,3424	12,3	492	-	-	-
Tahu	190	maj	7-20	38a	52,50	25,00	291,3	60,93	150	5:52	10,5146	10,5408	26,2	1048	1,64	29,39	17,9	10,3770	10,4059	28,9	1156			-
Haeska 1	18	maj	6-17	39	48,40	20,00	283,9	60,93	50	1:57	10,5243	10,9546	430,3	21515	1,54	27,38	17,8	10,5362	10,9128	376,6	18830	2,61	34,66	13,3
Haeska 1	18	maj	6-17	39a	48,60	20,00	287,4	60,93	50	1:58	10,3811	10,8031	422,0	21100	1,54	27,38	17,8	10,6048	10,9825	377,7	18885	2,61	34,66	13,3
Saardu	150	taas	6-20	40	48,00	20,00	271,8	60,93	50	1:51	10,4393	10,5041	64,8	3240	1,20	30,97	25,8	10,5240	10,6256	101,6	5080	1,98	39,54	20,0
Saardu	150	taas	6-20	40a	48,10	20,00	273,2	60,93	50	1:51	10,5340	10,5978	63,8	3190	1,20	30,97	25,8	10,2823	10,3779	95,6	4780	1,98	39,54	20,0
Haeska 1	18	maj	6-17	41	51,90	20,00	289,5	60,93	25	0:59	10,5436	10,9356	392,0	19600	1,54	27,65	18,0	10,4144	10,6340	219,6	10980	2,61	35,75	13,7
Haeska 1	18	maj	6-17	41a	48,10	20,00	286,8	60,93	25	0:59	10,4941	10,9252	431,1	21555	1,54	27,65	18,0	10,5431	10,7481	205,0	10250	2,61	35,75	13,7
Saardu	150	taas	6-20	42	51,60	20,00	277,3	60,93	100	3:43	10,4754	10,5719	96,5	4825	1,09	24,17	22,2	10,4570	10,5460	89,0	4450	2,16	41,20	19,1
Saardu	150	taas	6-20	42a	52,60	20,00	278,9	60,93	100	3:44	10,2570	10,3504	93,4	4670	1,09	24,17	22,2	10,4837	10,5846	100,9	5045	2,16	41,20	19,1
Saardu	150	taas	6-20	43	48,40	20,00	272,5	60,93	150	5:33	10,5278	10,5892	61,4	3070	1,09	30,29	27,8	10,5381	10,6417	103,6	5180	2,16	42,20	19,5
Saardu	150	taas	6-20	43a	48,50	20,00	272,7	60,93	150	5:33	10,3750	10,4435	68,5	3425	1,09	30,29	27,8	10,5974	10,7014	104,0	5200	2,16	42,20	19,5
Häädemeeste	69	maj	5-13	44	48,00	20,00	280,5	60,93	50	1:55	10,4394	11,2603	820,9	41045	1,40	19,66	14,0	10,5291	10,6499	120,8	6040	2,51	38,10	15,2
Häädemeeste	69	maj	5-13	44a	48,00	20,00	281,3	60,93	50	1:56	10,5328	11,2157	682,9	34145	1,40	19,66	14,0	10,2807	10,4049	124,2	6210	2,51	38,10	15,2
Häädemeeste	69	maj	5-13	45	51,90	20,00	287,5	60,93	100	3:54	10,5411	11,1067	565,6	28280	1,52	22,53	14,8	10,4163	10,7224	306,1	15305	2,54	37,84	14,9

Häädemeeste	69	maj	5-13	45a	47,90	20,00	285,3	60,93	100	3:55	10,4880	10,9691	481,1	24055	1,52	22,53	14,8	10,5320	10,8145	282,5	14125	2,54	37,84	14,9
Häädemeeste	69	maj	5-13	46	52,00	20,00	284,3	60,93	25	0:58	10,5357	11,1112	575,5	28775	1,43	19,08	13,3	10,4216	10,4520	30,4	1520	2,86	37,78	13,2
Häädemeeste	69	maj	5-13	46a	48,00	20,00	282,3	60,93	25	0:58	10,4970	11,0702	573,2	28660	1,43	19,08	13,3	10,5383	10,5641	25,8	1290	2,86	37,78	13,2
Häädemeeste	69	maj	5-13	47	51,50	20,00	287,9	60,93	125	4:53	10,4762	11,1037	627,5	31375	1,42	19,97	14,1	10,4585	10,4889	30,4	1520	2,61	37,80	14,5
Häädemeeste	69	maj	5-13	47a	52,50	20,00	286,7	60,93	125	4:50	10,2747	10,9983	723,6	36180	1,42	19,97	14,1	10,4826	10,5398	57,2	2860	2,61	37,80	14,5
Pürksi	140	taas	9-14	48	48,40	20,00	276,2	60,93	50	1:53	10,5237	11,1129	589,2	29460	1,02	28,91	28,3	10,5366	10,7754	238,8	11940	1,84	38,92	21,2
Pürksi	140	taas	9-14	48a	48,60	20,00	278,5	60,93	50	1:54	10,3808	11,0062	625,4	31270	1,02	28,91	28,3	10,5962	10,8361	239,9	11995	1,84	38,92	21,2
Pürksi	140	taas	9-14	49	48,10	20,00	280,6	60,93	100	3:50	10,4372	11,1461	708,9	35445	1,01	27,93	27,7	10,5247	10,8259	301,2	15060	1,98	41,16	20,8
Pürksi	140	taas	9-14	49a	48,20	20,00	280,1	60,93	100	3:50	10,5392	11,1869	647,7	32385	1,01	27,93	27,7	10,2768	10,5639	287,1	14355	1,98	41,16	20,8
Pürksi	140	taas	9-14	50	52,20	20,00	278,0	60,93	150	5:35	10,4665	11,0888	622,3	31115	1,11	28,15	25,4	10,3798	10,7725	392,7	19635	2,01	42,57	21,2
Pürksi	140	taas	9-14	50a	48,00	20,00	275,8	60,93	150	5:38	10,5229	11,2051	682,2	34110	1,11	28,15	25,4	10,5759	10,8904	314,5	15725	2,01	42,57	21,2
Tahu	206	maj	7-10	51	51,90	25,00	299,0	60,93	50	2:02	10,5359	10,9030	367,1	14684	1,04	25,89	24,9	10,4144	10,6753	260,9	10436	1,97	38,66	19,6
Tahu	206	maj	7-10	51a	47,80	25,00	298,1	60,93	50	2:03	10,4902	10,8648	374,6	14984	1,04	25,89	24,9	10,5421	10,7937	251,6	10064	1,97	38,66	19,6
Salmi	170	maj	10-20	52	51,50	25,00	298,8	60,93	50	2:02	10,4694	10,5585	89,1	3564	0,73	34,49	47,2	10,4494	10,6895	240,1	9604	1,86	37,82	20,3
Salmi	170	maj	10-20	52a	52,50	25,00	298,2	60,93	50	2:01	10,2845	10,3747	90,2	3608	0,73	34,49	47,2	10,4692	10,6955	226,3	9052	1,86	37,82	20,3
Tahu	206	maj	7-10	53	48,40	25,00	295,7	60,93	100	4:04	10,5245	10,8728	348,3	13932	0,93	26,14	28,1	10,5315	10,8314	299,9	11996	2,13	39,87	18,7
Tahu	206	maj	7-10	53a	48,40	25,00	294,9	60,93	100	4:03	10,3846	10,7252	340,6	13624	0,93	26,14	28,1	10,5920	10,8979	305,9	12236	2,13	39,87	18,7
Salmi	170	maj	10-20	54	47,90	25,00	295,2	60,93	25	1:01	10,4376	10,5277	90,1	3604	0,73	35,04	48,0	10,5300	10,7149	184,9	7396	1,82	37,75	20,7
Salmi	170	maj	10-20	54a	47,90	25,00	294,4	60,93	25	1:01	10,5325	10,6214	88,9	3556	0,73	35,04	48,0	10,2831	10,4657	182,6	7304	1,82	37,75	20,7
Tahu	206	maj	7-10	55	51,90	25,00	294,8	60,93	150	5:58	10,5262	10,8855	359,3	14372	1,01	26,00	25,7	10,4139	10,7360	322,1	12884	2,30	41,64	18,1
Tahu	206	maj	7-10	55a	47,80	25,00	294,0	60,93	150	6:04	10,4849	10,8312	346,3	13852	1,01	26,00	25,7	10,5312	10,8513	320,1	12804	2,30	41,64	18,1
Põgari	110	maj	9-15	56	51,50	25,00	302,7	60,93	50	2:04	10,4710	10,8645	393,5	15740	1,53	24,08	15,7	10,4660	10,8104	344,4	13776	2,53	35,05	13,9
Põgari	110	maj	9-15	56a	52,50	25,00	306,7	60,93	50	2:05	10,2749	10,8615	586,6	23464	1,53	24,08	15,7	10,4638	10,8235	359,7	14388	2,53	35,05	13,9
Pürksi	136	taas	12-15	57	48,40	20,00	286,1	60,93	150	5:54	10,5177	10,6201	102,4	5120	0,49	32,28	65,9	10,5286	11,1300	601,4	30070	1,57	41,03	26,1
Pürksi	136	taas	12-15	57a	48,40	20,00	284,3	60,93	150	5:51	10,3768	10,4805	103,7	5185	0,49	32,28	65,9	10,5509	11,1612	610,3	30515	1,57	41,03	26,1
Saardu	145	taas	9-14	58	48,00	20,00	275,9	60,93	150	5:38	10,4346	11,0000	565,4	28270	0,82	30,73	37,5	10,5218	10,6163	94,5	4725	2,34	40,97	17,5
Saardu	145	taas	9-14	58a	48,10	20,00	274,1	60,93	150	5:36	10,5270	11,1323	605,3	30265	0,82	30,73	37,5	10,2748	10,3714	96,6	4830	2,34	40,97	17,5
Salmi	165	maj	9-20	59	51,90	25,00	293,1	60,93	50	1:59	10,4695	10,4929	23,4	936	1,31	34,83	26,6	10,4915	10,5757	84,2	3368	1,95	40,70	20,9
Salmi	165	maj	9-20	59a	47,90	25,00	292,1	60,93	50	2:00	10,5259	10,5547	28,8	1152	1,31	34,83	26,6	10,5738	10,6519	78,1	3124	1,95	40,70	20,9
Tahu	188	maj	8-13	60	51,40	25,00	295,9	60,93	150	6:01	10,3720	10,4597	87,7	3508	0,78	26,95	34,6	10,3298	10,4264	96,6	3864	1,80	40,70	22,6
Tahu	188	maj	8-13	60a	52,50	25,00	295,8	60,93	150	5:59	10,5121	10,6137	101,6	4064	0,78	26,95	34,6	10,3773	10,4776	100,3	4012	1,80	40,70	22,6

<i>Tare wt</i> (g)	<i>Total wt</i> (g)	<i>HF</i> (g)	<i>HF</i> (g/kg)	<i>N</i> (%)	<i>C</i> (%)	<i>C:N</i>	<i>Mass rec.</i> (%)	<i>TOC</i> (g/kg)	<i>FLF</i> (mgC/kg)	<i>OLF</i> (mgC/kg)	<i>HF</i> (mgC/kg)	 <i>% Rec.</i>	<i>FLF</i> (%C)	<i>OLF</i> (%C)	<i>HF</i> (%C)	<i>FLF'</i> (gC/kg)	<i>OLF'</i> (gC/kg)	<i>HF'</i> (gC/kg)
17,9658	40,6402	22,6744	907	0,31	4,18	13,5	-	76,30	-	3750	37912	-	-	-	-	-	-	-
17,8566	40,4856	22,6290	905	0,31	4,18	13,5	-	76,30	-	3818	37836	-	-	-	-	-	-	-
18,1948	36,9478	18,7530	750	0,11	2,29	20,8	-	23,60	-	104	17178	-	-	-	-	-	-	-
18,2561	40,9785	22,7224	909	0,11	2,29	20,8	-	23,60	-	137	20814	-	-	-	-	-	-	-
18,1840	40,9095	22,7255	909	0,34	4,57	13,4	93,9	76,30	5013	5090	41542	68	9,7	9,9	80,4	7,41	7,52	61,37
17,9998	40,8163	22,8165	913	0,34	4,57	13,4	94,1	76,30	5153	4446	41709	67	10,0	8,7	81,3	7,66	6,61	62,03
18,1393	41,0995	22,9602	918	0,11	2,25	20,5	92,5	23,60	746	1592	20664	97	3,2	6,9	89,8	0,76	1,63	21,20
18,1792	41,1390	22,9598	918	0,11	2,25	20,5	92,5	23,60	616	1771	20664	98	2,7	7,7	89,6	0,63	1,81	21,16
17,9494	40,5642	22,6148	905	4,57	0,35	0,1	-	76,30	5467	-	3166	-	-	-	-	-	-	-
18,2016	40,7293	22,5277	901	4,57	0,35	0,1	-	76,30	6121	-	3154	-	-	-	-	-	-	-
17,9331	41,0960	23,1629	927	0,10	2,10	21,0	93,5	23,60	544	2429	19457	95	2,4	10,8	86,7	0,57	2,56	20,47
18,0550	41,0989	23,0439	922	0,10	2,10	21,0	93,1	23,60	667	2739	19357	96	2,9	12,0	85,0	0,69	2,84	20,07
17,9617	36,7820	18,8203	941	0,13	2,38	18,3	94,7	23,60	554	1609	22396	104	2,3	6,6	91,2	0,53	1,55	21,52
17,8329	36,6294	18,7965	940	0,13	2,38	18,3	94,6	23,60	706	1666	22368	105	2,9	6,7	90,4	0,67	1,59	21,34
18,1920	39,4276	21,2356	849	0,26	3,34	12,8	88,0	43,90	2671	8365	28371	90	6,8	21,2	72,0	2,98	9,32	31,61
18,2443	38,4258	20,1815	807	0,26	3,34	12,8	83,7	43,90	2748	7903	26962	86	7,3	21,0	71,7	3,21	9,22	31,47
18,1940	38,3298	20,1358	805	0,29	3,08	10,6	84,9	43,90	1853	16446	24807	98	4,3	38,2	57,5	1,89	16,75	25,26
18,0563	38,4788	20,4225	817	0,29	3,08	10,6	85,7	43,90	1624	15071	25161	95	3,9	36,0	60,1	1,70	15,81	26,39
18,1633	38,2468	20,0835	803	0,24	2,74	11,4	84,3	43,90	1684	15312	22012	89	4,3	39,3	56,4	1,90	17,23	24,77
18,1989	38,4885	20,2896	812	0,24	2,74	11,4	84,8	43,90	1775	13686	22237	86	4,7	36,3	59,0	2,07	15,94	25,90
17,9763	-	-	-	-	-	-	-	34,90	23006	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17,8439	-	-	-	-	-	-	-	34,90	15597	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,1975	-	-	-	-	-	-	-	34,90	26071	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,2634	-	-	-	-	-	-	-	34,90	20028	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,1740	37,4935	19,3195	966	0,23	2,63	11,4	98,8	34,90	4587	2650	25405	94	14,1	8,1	77,8	4,90	2,83	27,16
18,0163	37,3860	19,3697	968	0,23	2,63	11,4	99,4	34,90	5458	2752	25471	97	16,2	8,2	75,6	5,66	2,85	26,39
18,1633	37,2826	19,1193	956	0,22	2,50	11,4	98,8	34,90	4998	5897	23899	100	14,4	16,9	68,7	5,01	5,92	23,97
18,1833	37,2992	19,1159	956	0,22	2,50	11,4	98,8	34,90	5490	5383	23895	100	15,8	15,5	68,7	5,51	5,40	23,99
17,9329	40,8752	22,9423	918	0,18	3,26	18,1	92,7	34,50	800	2302	29917	96	2,4	7,0	90,6	0,84	2,41	31,26

18,2054	41,3332	23,1278	925	0,18	3,26	18,1	93,3	34,50	792	1864	30159	95	2,4	5,7	91,9	0,83	1,96	31,71
17,9368	40,7170	22,7802	911	0,15	3,05	20,3	92,5	34,50	779	3955	27792	94	2,4	12,2	85,4	0,83	4,19	29,48
18,0447	40,8547	22,8100	912	0,15	3,05	20,3	92,7	34,50	804	4093	27828	95	2,5	12,5	85,0	0,85	4,31	29,34
18,1732	37,3267	19,1535	958	0,20	2,49	12,5	98,8	34,90	6571	1790	23846	92	20,4	5,6	74,0	7,12	1,94	25,84
18,0013	36,9113	18,9100	946	0,20	2,49	12,5	99,1	34,90	10457	1674	23543	102	29,3	4,7	66,0	10,23	1,64	23,03
18,1425	40,9663	22,8238	913	0,17	3,08	18,1	92,8	34,50	686	4510	28119	97	2,1	13,5	84,4	0,71	4,67	29,12
18,5876	40,9349	22,3473	894	0,17	3,08	18,1	91,0	34,50	793	4605	27532	95	2,4	14,0	83,6	0,83	4,82	28,84
17,9443	36,8658	18,9215	946	0,14	1,67	11,9	96,6	21,80	3010	3911	15799	104	13,2	17,2	69,5	2,89	3,75	15,16
18,2088	36,9768	18,7680	938	0,14	1,67	11,9	95,7	21,80	2733	3929	15671	102	12,2	17,6	70,2	2,67	3,84	15,30
17,9361	36,9874	19,0513	953	0,10	1,42	14,2	97,7	21,80	3177	5727	13526	103	14,2	25,5	60,3	3,09	5,57	13,15
18,0558	36,6632	18,6074	930	0,10	1,42	14,2	95,4	21,80	2983	5611	13211	100	13,7	25,7	60,6	2,98	5,61	13,21
18,1800	36,8255	18,6455	932	0,08	1,26	15,8	95,5	21,80	3070	5034	11747	91	15,5	25,4	59,2	3,37	5,53	12,90
18,0200	36,5165	18,4965	925	0,08	1,26	15,8	94,9	21,80	3402	5215	11653	93	16,8	25,7	57,5	3,66	5,61	12,53
18,1472	40,4650	22,3178	893	0,16	2,37	14,8	91,4	34,10	2234	4637	21157	82	8,0	16,5	75,5	2,72	5,64	25,74
18,1924	40,4036	22,2112	888	0,16	2,37	14,8	90,9	34,10	2316	4548	21056	82	8,3	16,3	75,4	2,83	5,55	25,72
17,9487	40,6696	22,7209	909	0,16	2,55	15,9	92,3	34,10	1927	3040	23175	83	6,8	10,8	82,4	2,33	3,68	28,08
18,2077	40,9347	22,7270	909	0,16	2,55	15,9	92,4	34,10	2193	3086	23182	83	7,7	10,8	81,5	2,63	3,70	27,77
17,9435	39,2861	21,3426	854	0,15	1,48	9,9	87,0	23,10	1322	4684	12635	81	7,1	25,1	67,8	1,64	5,80	15,66
18,0665	39,5416	21,4751	859	0,15	1,48	9,9	87,7	23,10	1619	4904	12713	83	8,4	25,5	66,1	1,94	5,89	15,27
18,1730	39,4654	21,2924	852	0,17	1,86	10,9	86,2	23,10	835	3095	15842	86	4,2	15,7	80,1	0,98	3,62	18,51
18,0107	39,3205	21,3098	852	0,17	1,86	10,9	86,4	23,10	963	3297	15854	87	4,8	16,4	78,8	1,11	3,79	18,21
18,1429	42,3759	24,2330	969	0,05	0,74	14,8	98,2	17,30	1396	3530	7173	70	11,5	29,2	59,3	2,00	5,05	10,26
18,1845	42,6314	24,4469	978	0,05	0,74	14,8	99,0	17,30	1345	3409	7236	69	11,2	28,4	60,4	1,94	4,92	10,44
17,9972	42,2053	24,2081	968	0,06	0,87	14,5	98,3	17,30	2136	3161	8424	79	15,6	23,0	61,4	2,69	3,99	10,62
17,8456	41,9761	24,1305	965	0,06	0,87	14,5	98,1	17,30	2316	3195	8397	80	16,7	23,0	60,4	2,88	3,97	10,44
18,2036	42,1747	23,9711	959	0,07	1,64	23,4	96,8	19,20	665	2432	15725	98	3,5	12,9	83,5	0,68	2,48	16,04
18,2601	42,1289	23,8688	955	0,07	1,64	23,4	96,3	19,20	630	2389	15658	97	3,4	12,8	83,8	0,65	2,46	16,10
18,1944	37,5152	19,3208	966	0,07	0,96	13,7	97,9	17,30	1882	2969	9274	82	13,3	21,0	65,7	2,31	3,64	11,36
18,0075	37,2159	19,2084	960	0,07	0,96	13,7	97,2	17,30	1674	2746	9220	79	12,3	20,1	67,6	2,12	3,48	11,69
18,1609	37,0962	18,9353	947	0,07	1,61	23,0	95,4	19,20	407	2291	15243	93	2,3	12,8	85,0	0,44	2,45	16,31
18,1959	37,2321	19,0362	952	0,07	1,61	23,0	95,9	19,20	489	2400	15324	95	2,7	13,2	84,1	0,52	2,53	16,15
17,9368	42,0918	24,1550	966	0,07	0,95	13,6	97,8	17,30	1965	2443	9179	79	14,5	18,0	67,6	2,50	3,11	11,69
18,2054	42,1946	23,9892	960	0,07	0,95	13,6	97,1	17,30	1690	2584	9116	77	12,6	19,3	68,1	2,18	3,34	11,78
17,9358	41,6045	23,6687	947	0,07	1,55	22,1	95,6	19,20	651	2788	14675	94	3,6	15,4	81,0	0,69	2,96	15,55

18,0475	41,5847	23,5372	941	0,07	1,55	22,1	95,0	19,20	725	2424	14593	92	4,1	13,7	82,3	0,78	2,62	15,79
18,0183	41,6755	23,6572	946	0,06	2,54	42,3	95,0	27,50	385	855	24036	92	1,5	3,4	95,1	0,42	0,93	26,15
17,8455	41,4500	23,6045	944	0,06	2,54	42,3	94,8	27,50	445	887	23982	92	1,8	3,5	94,7	0,48	0,96	26,05
18,1983	42,9419	24,7436	990	0,00	0,49	-	99,2	5,80	577	-	4850	-	-	-	-	-	-	-
18,2599	43,0240	24,7641	991	0,00	0,49	-	99,3	5,80	328	-	4854	-	-	-	-	-	-	-
18,1498	41,6724	23,5226	941	0,05	2,46	49,2	94,6	27,50	434	1291	23146	90	1,7	5,2	93,1	0,48	1,43	25,59
18,1421	41,5626	23,4205	937	0,05	2,46	49,2	94,2	27,50	395	1565	23046	91	1,6	6,3	92,2	0,43	1,72	25,34
17,9716	42,4321	24,4605	978	0,01	0,50	50,0	98,1	5,80	107	-	4892	-	-	-	-	-	-	-
17,9792	42,2061	24,2269	969	0,01	0,50	50,0	98,5	5,80	949	-	4845	-	-	-	-	-	-	-
18,1713	41,4088	23,2375	930	0,06	2,58	43,0	93,2	27,50	336	-	23981	-	-	-	-	-	-	-
18,0084	41,4176	23,4092	936	0,06	2,58	43,0	93,9	27,50	356	-	24158	-	-	-	-	-	-	-
18,1537	42,7245	24,5708	983	0,00	0,47	-	98,4	5,80	280	-	4619	-	-	-	-	-	-	-
18,1955	42,6648	24,4693	979	0,00	0,47	-	98,1	5,80	308	-	4600	-	-	-	-	-	-	-
17,9376	35,9154	17,9778	899	0,25	3,16	12,6	93,9	42,90	5891	6526	28405	95	14,4	16,0	69,6	6,19	6,86	29,85
18,2117	36,3854	18,1737	909	0,25	3,16	12,6	94,9	42,90	5777	6546	28714	96	14,1	16,0	70,0	6,04	6,84	30,02
17,9423	36,6755	18,7332	937	0,02	0,60	30,0	94,5	22,50	1003	2009	5620	38	11,6	23,3	65,1	2,62	5,24	14,65
18,0501	36,9240	18,8739	944	0,02	0,60	30,0	95,2	22,50	988	1890	5662	38	11,6	22,1	66,3	2,60	4,98	14,92
18,1686	36,8466	18,6780	934	0,29	3,65	12,6	96,4	42,90	5419	3925	34087	101	12,5	9,0	78,5	5,35	3,88	33,67
18,0087	30,4913	12,4826	624	0,29	3,65	12,6	65,6	42,90	5960	3664	22781	76	18,4	11,3	70,3	7,89	4,85	30,16
18,1486	36,7710	18,6224	931	0,02	0,54	27,0	94,0	22,50	1166	1833	5028	36	14,5	22,8	62,6	3,27	5,14	14,09
18,1869	37,0570	18,8701	944	0,02	0,54	27,0	95,3	22,50	1129	2079	5095	37	13,6	25,0	61,4	3,06	5,63	13,81
17,9417	37,0740	19,1323	957	0,03	0,51	17,0	96,5	22,50	930	2186	4879	36	11,6	27,3	61,0	2,62	6,15	13,73
18,2121	37,1372	18,9251	946	0,03	0,51	17,0	95,5	22,50	1037	2194	4826	36	12,9	27,2	59,9	2,90	6,13	13,48
17,9411	36,8144	18,8733	944	0,28	3,30	11,8	99,1	41,30	8069	2301	31141	101	19,4	5,5	75,0	8,03	2,29	30,98
18,0531	37,0268	18,9737	949	0,28	3,30	11,8	98,9	41,30	6713	2366	31307	98	16,6	5,9	77,5	6,86	2,42	32,02
18,1724	36,9901	18,8177	941	3,24	0,29	0,1	98,4	41,30	6371	5791	2729	36	42,8	38,9	18,3	17,67	16,06	7,57
18,0128	36,8596	18,8468	942	3,24	0,29	0,1	98,1	41,30	5420	5345	2733	33	40,2	39,6	20,2	16,58	16,35	8,36
18,1706	36,9772	18,8066	940	0,32	3,54	11,1	97,1	41,30	5490	574	33288	95	14,0	1,5	84,6	5,76	0,60	34,94
18,0092	36,8190	18,8098	940	0,32	3,54	11,1	97,0	41,30	5468	487	33293	95	13,9	1,2	84,8	5,75	0,51	35,03
18,1510	36,6740	18,5230	926	0,23	2,79	12,1	95,9	41,30	6266	575	25840	79	19,2	1,8	79,1	7,92	0,73	32,66
18,1900	36,8219	18,6319	932	0,23	2,79	12,1	97,1	41,30	7225	1081	25992	83	21,1	3,2	75,8	8,70	1,30	31,30
17,9362	36,8263	18,8901	945	0,08	1,21	15,1	98,6	25,70	8517	4647	11429	96	34,6	18,9	46,5	8,90	4,86	11,94
18,2063	37,0842	18,8779	944	0,08	1,21	15,1	98,7	25,70	9040	4668	11421	98	36,0	18,6	45,4	9,25	4,77	11,68
17,9370	37,0800	19,1430	957	0,11	1,32	12,0	100,8	25,70	9900	6199	12634	112	34,5	21,6	44,0	8,85	5,54	11,30
18,0529	36,8476	18,7947	940	0,11	1,32	12,0	98,6	25,70	9045	5909	12405	106	33,1	21,6	45,3	8,50	5,55	11,65

18,0005	36,7612	18,7607	938	0,09	1,25	13,9	98,9	25,70	8759	8359	11725	112	30,4	29,0	40,7	7,80	7,45	10,45
17,8418	36,7050	18,8632	943	0,09	1,25	13,9	99,3	25,70	9602	6694	11790	109	34,2	23,8	42,0	8,8	6,1	10,8
18,1781	42,0825	23,9044	956	0,11	1,51	13,7	98,1	25,00	3802	4035	14438	89	17,1	18,1	64,8	4,27	4,53	16,20
18,0140	42,2019	24,1879	968	0,11	1,51	13,7	99,3	25,40	3879	3891	14609	88	17,3	17,4	65,3	4,40	4,42	16,58
18,1519	39,7849	21,6330	865	0,10	0,99	9,9	87,8	17,80	1229	3632	8567	75	9,2	27,0	63,8	1,63	4,81	11,36
18,1987	38,6356	20,4369	817	0,10	0,99	9,9	83,0	17,80	1244	3423	8093	72	9,8	26,8	63,4	1,74	4,78	11,29
17,9381	42,0366	24,0985	964	0,12	1,37	11,4	99,0	25,40	3642	4783	13206	85	16,8	22,1	61,1	4,28	5,62	15,51
18,2069	41,9490	23,7421	950	0,12	1,37	11,4	97,6	25,40	3561	4878	13011	84	16,6	22,7	60,7	4,22	5,78	15,41
17,9389	39,5801	21,6412	866	0,12	1,31	10,9	87,7	17,80	1263	2792	11340	86	8,2	18,1	73,7	1,46	3,23	13,11
18,0546	39,6931	21,6385	866	0,12	1,31	10,9	87,6	17,80	1246	2757	11339	86	8,1	18,0	73,9	1,45	3,20	13,16
18,1644	41,7235	23,5591	942	0,05	0,71	14,2	97,0	25,40	3737	5365	6691	62	23,7	34,0	42,4	6,01	8,63	10,76
18,0049	41,3892	23,3843	935	0,05	0,71	14,2	96,2	25,40	3602	5332	6641	61	23,1	34,2	42,6	5,87	8,70	10,83
18,1480	40,8905	22,7425	910	0,30	3,41	11,4	93,9	43,70	3790	4828	31021	91	9,6	12,2	78,3	4,18	5,32	34,20
18,1832	40,7931	22,6099	904	0,30	3,41	11,4	94,2	43,70	5650	5043	30840	95	13,6	12,1	74,3	5,94	5,31	32,45
17,9346	35,9198	17,9852	899	0,20	2,38	11,9	93,4	45,20	1653	12338	21402	78	4,7	34,9	60,5	2,11	15,76	27,33
18,2090	36,3557	18,1467	907	0,20	2,38	11,9	94,3	45,20	1674	12520	21595	79	4,7	35,0	60,3	2,11	15,81	27,27
17,9346	36,5455	18,6109	931	0,08	1,30	16,3	96,4	17,00	8687	1936	12097	134	38,2	8,5	53,2	6,50	1,45	9,05
18,0469	36,8108	18,7639	938	0,08	1,30	16,3	97,3	17,00	9300	1979	12197	138	39,6	8,4	52,0	6,73	1,43	8,83
18,0072	39,4674	21,4602	858	0,10	1,05	10,5	86,3	13,50	326	1371	9013	79	3,0	12,8	84,2	0,41	1,73	11,36
17,8441	39,3734	21,5293	861	0,10	1,05	10,5	86,5	13,50	401	1271	9042	79	3,7	11,9	84,4	0,51	1,60	11,39
18,1963	42,2839	24,0876	964	0,04	0,57	14,3	97,1	12,50	945	1573	5492	64	11,8	19,6	68,6	1,48	2,45	8,57
18,2570	42,1392	23,8822	955	0,04	0,57	14,3	96,3	12,50	1095	1633	5445	65	13,4	20,0	66,6	1,68	2,50	8,33

Lisa 3. Sobiva sonikeerimisenergia leidmine

Prooviala	Kaugus merest	Sonikeerimisenergia, J/ml	saagis, mg	C %	N %
Haeska 1	maa	50	77,4	38,80	2,83
Haeska 1	maa	100	104,45	40,24	2,89
Haeska 1	maa	150	165,75	38,97	2,82
Haeska 1	maa	250	78,15	41,90	3,13
Haeska 1	kesk	50	159,6	38,80	2,83
Haeska 1	kesk	100	115,6	40,24	2,89
Haeska 1	kesk	150	159,9	40,76	2,91
Haeska 1	meri	25	212,3	35,75	2,61
Haeska 1	meri	50	377,2	34,66	2,61
Haeska 2	maa	500	526,2	3,6	1,7
Haeska 2	maa	100	929,15	42,7	1,9
Haeska 2	maa	150	828,15	42,9	1,8
Häädemeeste	maa	25	96,9	35,77	2,70
Häädemeeste	maa	50	145	37,27	2,69
Häädemeeste	maa	100	295,1	38,22	2,80
Häädemeeste	kesk	25	28,05	37,78	2,86
Häädemeeste	kesk	50	122,5	37,84	2,54
Häädemeeste	kesk	100	294,2	38,10	2,51
Häädemeeste	kesk	125	43,75	37,80	2,61
Põgari	maa	50	141,2	36,89	2,79
Põgari	maa	100	277	36,31	3,02
Põgari	maa	150	316,3	35,99	3,05
Põgari	kesk	25	32,4	-	-
Põgari	kesk	50	59,9	36,37	2,97
Põgari	kesk	100	94,3	37,84	2,92
Pürksi	maa	50	196,45	39,91	1,78
Pürksi	maa	100	282,8	40,09	1,75
Pürksi	maa	150	247,2	41,47	1,95
Pürksi	meri	50	239,4	38,92	1,84
Pürksi	meri	100	144,1	41,16	1,86
Pürksi	meri	150	353,6	42,57	2,01
Saardu	maa	25	214,2	35,75	2,37
Saardu	maa	50	339,3	33,81	2,41
Saardu	meri	50	97,9	39,54	1,98
Saardu	meri	100	95,0	41,20	2,16
Saardu	meri	150	103,8	42,20	2,16
Salmi	maa	25	213,6	37,41	2,14
Salmi	maa	50	323,7	37,02	2,33
Salmi	meri	25	183,7	37,75	1,82
Salmi	meri	50	233,2	37,82	1,86
Tahu	maa	50	215,6	40,24	1,57
Tahu	maa	100	197,0	40,32	1,74
Tahu	maa	150	131,2	43,56	1,78

Tahu	maa	200	144,1	43,62	2,05
Tahu	kesk	50	11,0	-	-
Tahu	kesk	100	61,8	-	-
Tahu	kesk	150	20,6	-	-
Tahu	meri	50	256,2	38,66	1,97
Tahu	meri	100	302,9	39,87	2,13
Tahu	meri	150	321,1	41,64	2,30
Põgari	kesk	50	352,1	35,05	2,53
Pürksi	kesk	150	605,8	41,03	1,57
Saardu	kesk	150	95,6	40,97	2,34
Salmi	kesk	50	81,1	40,70	1,95
Tahu	maa	150	98,4	45,00	1,80

Lisa 4. Pildid mullaproovide kaevetest

Pildid on saadud juhendaja Karin Kauer kogust.

Lisa 4.1. Salmi rannaniidu sügavkaeve, Matsalu



Lisa 4.2. Tahu rannaniidu sügavkaeve, Silma



Lisa 4.3. Salmi rannaniidu labidaproov



Lisa 4.4. Salmi majandatud rannaniit



Lisa 5. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Annika Vanamb,

(autori nimi)

sünniaeg 02.05.1993,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö:

Mulla orgaanilise süsiniku stabiilsus rannaniitude majandamise tingimustes,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on Ülle Püttsepp ja Karin Kauer,

(juhendaja(te) nimi)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

(allkiri)

Tartu, 22.05.2017

(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)